MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
CENTRALA INDUSTRIALA DE TRANSPORT SI DISTRIBUTIE
A ENERGIEI ELECTRICE

3.2.E-I3-69

I N S T R U C T I U N E

pentru

VERIFICAREA PROTECTIEI DE DISTANTA R3Z24-a CU ELEMENT DE DEMARAJ R3Z3u

Oficiul de documentare şi publicaţii tehnice
Bucureşti - 1969

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
CENTRALA INDUSTRIALA DE TRANSPORT SI DISTRIBUTIE
A ENERGIEI ELECTRICE

3.2.E-I3-69

I N S T R U C T I U N E

pentru

VERIFICAREA PROTECTIEI DE DISTANTA R3Z24-a CU ELEMENT DE DEMARAJ R3Z3u

(aprobată cu referatul DGDEE nr.126.845/31.12.1968)

Oficiul de documentare şi publicaţii tehnice
Bucureşti - 1969

Lucrare elaborată de: ing. VOICU TOMOAIE - Intreprinderea regională de electricitate Hunedoara

1. DOMENIU DE APLICARE

In exploatarea oricărui echipament de protecţie prin relee se pot deosebi următoarele categorii de lucrări:

- verificări pentru punere în funcţiune;
- verificări periodice;
- verificări după reparaţii.

Prezentele instrucţiuni îşi propun să stabilească o metodologie unitară de verificare a protecţiei de distanţă R3Z24-a cu element de demaraj la minimă impedanţă R3Z3u, în cadrul lucrărilor de punere în funcţiune, a verificărilor periodice şi a celor de după reparaţii sau modificări.

Lucrările de reparaţii implicate de eventualele defecţiuni ce pot surveni în funcţionarea protecţiei R3Z24-a, şi care presupun demontarea releelor din instalaţii şi depanarea acestora în laborator, nu constituie obiectul prezentei instrucţiuni.

2. GENERALITATI

Avînd caracteristici tehnice superioare, protecţia de distanţă R3Z24-a cu element de demaraj R3Z24 poate fi utilizată pentru protejarea liniilor de înaltă tensiune, indiferent de modul de tratare a neutrului.

La baza protecţiei de distanţă R3Z24-a stă principiul clasic al etapelor succesive în funcţionare, adică:

a. demararea protecţiei în momentul apariţiei unui defect în reţea;
b. măsurarea buclei de scurtcircuit prin intermediul raportului dintre tensiunea reziduală de pe barele staţiei şi curentul de scurtcircuit de pe faza defectă (fazele defecte) a liniei protejate;
c. deconectarea fazei (fazelor) defecte într-o treaptă de timp cu atît mai rapidă cu cît defectul este mai apropiat de barele staţiei;
d. înregistrarea fenomenelor petrecute, prin intermediul unor elemente de semnalizare.

Protecţia de distanţă R3Z24-a are cinci trepte de funcţionare, cu temporizări independente succesive; primele trei trepte sînt trepte de impedanţă, treapta a IV-a este practic echivalentă cu o protecţie maximală de curent direcţionată, temporizată, iar treapta a V-a este echivalentă cu o protecţie maximală de curent temporizată, nedirecţionată. Oricare dintre aceste trepte poate fi anulată

prin fixarea pe poziţia φ a cursorului aferent din elementul de timp.

Datorită includerii unui număr de elemente cu destinaţie specială, protecţia de distanţă R3Z24-a permite o adaptare adecvată la cele mai diverse cerinţe ale exploatării; din acest punct de vedere merită a fi evidenţiate următoarele:

- Treapta I poate fi instantanee sau temporizată, iar ca impedanţă cuprinde în mod normal pînă la 9o% din impedanţa liniei protejate; în cazul existenţei unui dispozitiv RAR, această treaptă se poate prelungi, astfel încît să cuprindă întreaga linie înaintea acţiunii RAR, urmînd ca în eventualitatea unei acţiuni RAR nereuşite să se scurteze automat valoarea treptei la o,9 X_L (9o% L).
- Demararea protecţiei de distanţă R3Z24-a poate fi realizată la supracurent (prin releele maximale de curent înglobate în releul R3Z24-a propriu-zis), la minimă impedanţă (necesită o casetă suplimentară de demaraj tip R3Z3-u sau R3Z2) sau, spre deosebire de alte tipuri de protecţie de distanţă, la simpla apariţie a unui curent homopolar.
riţie a unui curent homopolar.
- Impulsurile de declanşare se transmit în primele patru trepte monofazat (fiecărei faze în parte), iar în treapta a V-a, trifazat. Există însă posibilitatea realizării unor variante şi anume:
  - declanşare trifazată la orice tip de defect, începînd cu treapta I inclusiv;
  - declanşarea monofazată în treapta I şi declanşări trifazate la orice tip de defect în celelalte trepte;
  - declanşarea trifazată la defecte polifazate, începînd cu treapta I inclusiv;
  - declanşări monofazate în treptele I - a IV-a şi declanşare trifazată în treapta a V-a.
- Se înregistrează numărul impulsurilor de demaraj, respectiv numărul impulsurilor de declanşare, pentru fiecare fază în parte.
- Se înregistrează timpul de funcţionare al protecţiei, în care poate fi înglobat sau nu timpul propriu de deschidere a întrerupătorului.
- Protecţia de distanţă R3Z24-a poate funcţiona cu sau fără compensarea rezistenţei de arc (caracteristica circulară cu centrul în origine sau cu centrul deplasat). Compensarea rezistenţei de arc se poate face, fie prin deplasarea centrului caracteristicii numai pe axa R (spre dreapta), fie atît pe axa R (spre dreapta), cît şi pe axa X (în jos).
- Există posibilitatea de a bloca sau nu funcţionarea releului R3Z24-a la apariţia fenomenului de pendulaţii în sistem.

3. Descrierea şi performanţele protecţiei de distanţă R3Z24-a

Constructiv, protecţia de distanţă R3Z24-a pentru o linie de înaltă tensiune se compune din releul de distanţă R3Z24-a propriu-zis (realizat în două casete: caseta elementelor de măsură şi, respectiv, caseta elementelor de comutare), releul de demaraj la minimă impedanţă (R3Z3-u, în cazul reţelelor cu neutrul legat direct la pământ, respectiv R3Z2, în cazul reţelelor cu neutrul izolat sau tratat), şi cutia cu rezistenţe (şunt), prin intermediul căreia se conectează elementele de măsură şi direcţionale în circuitele secundare ale transformatoarelor de curent (reductoare de curent).

Componenţa fiecărei casete amintite se prezintă astfel;

3.1. Caseta elementelor de măsură R3Z24-a (anexele 1, 2 şi 4)

Caseta elementelor de măsură conţine în partea superioară un bloc de relee intermediare, având destinaţii:

- D_R, D_S, D_T = relee intermediare pentru conectarea elementelor de măsură, respectiv direcţionale în momentul demarării protecţiei.
- U = releu intermediar pentru anularea prelungirii treptei I de impedanţă după ciclul RAR.
- K = releu intermediar pentru comutare în treapta a II-a.
- L = releu intermediar pentru comutare în treapta a III-a.
- M = releu intermediar pentru declangare în treapta a IV-a (direcţionată).

De asemenea, această casetă mai conţine trei blocuri de măsură (cîte unul pentru fiecare fază), fiecare având următoarele elemente componente;

- element de măsură a impedanţei buclei de scurtcircuit, releu polarizat, notat $Z_{R(S,T)}$ în schema desfăşurată, respectiv notat $P_{R(S,T)}$ pe panoul frontal al casetei;
- element direcţional, releu polarizat, notat cu $W_{R(S,T)}$ în schema desfăşurată, respectiv notat $N_{R(S,T)}$ pe panoul frontal;
- rezistenţe de reglaj ale treptelor de impedanţă r_1 = o,1+o,2+o,4+o,8+1,6+3,2+6,4 Ω (treapta I);

r_{kt} = o,4+o,8+1,6+3,2 Ω (prelungirea treptei I înainte de RAR);

$r_2 = r_1 + o,1 + o,2 + o,4 + o,8 + 1,6 + 3,2\ \Omega$ (treapta a II-a);

$r_3 = r_1 + r_2 + o,2 + o,4 + o,8 + 1,6 + 3,2\ \Omega$ (treapta a III-a).

In figurile 1-12 sînt redate diferite poziţii ale ecliselor, fiecare dintre acestea reprezentînd funcţiuni sau performanţe ale releului. Astfel, C_1 = eclisă ce permite adaptarea grosieră a treptelor de impedanţă la condiţiile liniei protejate (cu ajutorul rezistenţelor r_1, r_2, r_3 se face reglajul fin).

Are următoarele valori: o,1; o,2; o,5; 1; 2; 5; 1o. (fig.1);

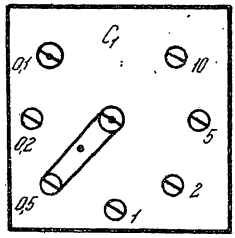


Fig. 1
Eclisa C_1.

- eclisa dublă pentru adaptarea releului conform construcţiei "stelei" transformatoarelor de curent (în stînga, dacă "steaua" e realizată spre linie, figura 2a, respectiv în dreapta, dacă "steaua" este realizată spre bare, figura 2b): Această eclisă este notată în schemele desfăşurate cu 1;

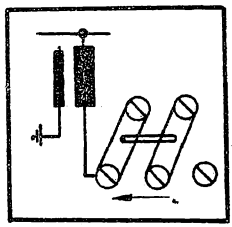


Fig. 2a
Releul conectat pentru "stea" realizată spre linie.

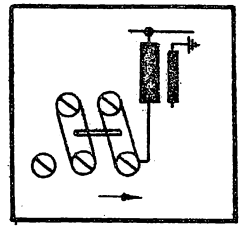


Fig. 2b
Releul conectat pentru "stea" realizată spre bare.

-eclisă "cu" sau "fără" compensarea rezistenţei de arc (în poziţie superioară "fără compensare", adică caracteristica circulară cu centrul în originea axelor R,X, - figura 3a, respectiv în poziţia inferioară "cu compensare" adică caracteristica circulară cu centrul deplasat - figura 3b). Această eclisă este notată în schemele desfăşurate

cu 2.

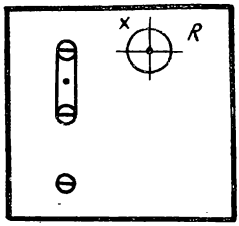


Fig. 3a
Fără compensare
(cerc nedeplasat).

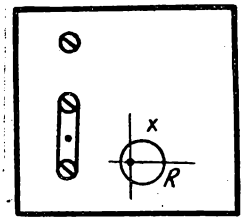


Fig. 3b
Cu compensare
(cerc deplasat).

- K = eclisa dublă cu două poziţii. In poziţia K = 1,05 compensarea rezistenţei de arc se face prin deplasarea caracteristicii circulare numai pe axa R, spre dreapta (fig. 4a); în poziţia K = 2,1, compensarea rezistenţei de arc se face prin deplasarea caracteristicii circulare, atît pe axa R, spre dreapta, cît şi pe axa X, în jos, (fig. 4b). Prima variantă este indicată pentru liniile lungi, iar a doua pentru liniile scurte.

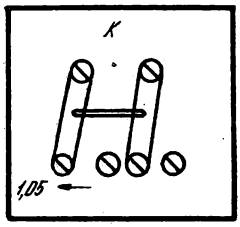


Fig. 4a
Deplasarea cercului
numai pe axa R.

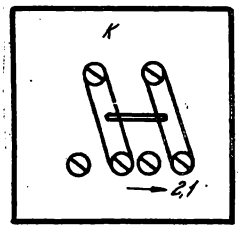


Fig. 4b
Deplasarea cercului
pe axele R şi X.

- $\measuredangle \varphi_k$ = eclisa de acordare a gradului de compensare după unghiul de scurtcircuit al liniei protejate; are valorile de 60; 64; 68; 71; 74; 76; 78 şi 80°;

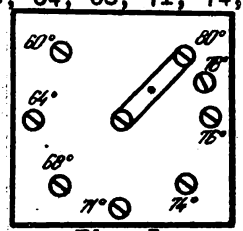


Fig. 5
Eclisa φ - adaptare unghi.

- Firul "cu" sau "fără" prelungirea treptei I înainte de RAR; se găseşte în interiorul casetei în partea stîngă superioară, pe o plăcuţă de borne ataşată releului U; în schemele desfăşurate este notat cu 3 (fig. 6a şi b).

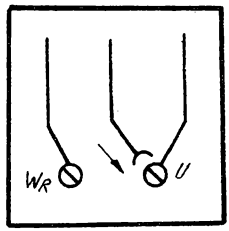


Fig. 6a
Cu prelungire treapta I.

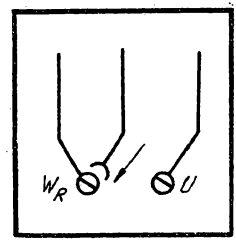


Fig. 6b
Fără prelungire treapta I.

3.2. Caseta elementelor de comutare R3Z24-a (anexele 2, 3 şi 4)

Cuprinde următoarele elemente:

- $J_R \succ$; $J_S \succ$; $J_T \succ$, relee maximale de curent, cu clapete de semnalizare proprii, care asigură demarajul protecţiei prin supracurent; domenii de reglaj $(1 \div 2) I_n$ - pentru conexiunea serie (fig. 7a), scala neagră, respectiv $(2 \div 4) I_n$ - pentru conexiunea paralel (fig.7b), scala roşie.

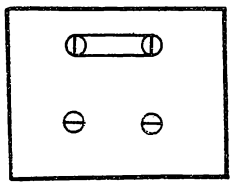


Fig. 7a
Releele $J_R \succ$ conex serie R(S,T).

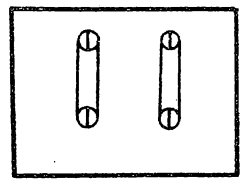


Fig. 7b
Releele $J \succ$ conex paralel R(S,T).

- $J_M \succ$, releu maximal de curent homopolar cu clapetă proprie de semnalizare, domeniu de reglaj $(0,4 \div 0,8) I_n$.
- A, B, C, relee intermediare de acţionare la demaraje cu clapete indicatoare ale numărului de acţionări.
- F, G, H, relee intermediare pentru transmiterea impulsurilor de declanşare, cu clapete indicatoare ale numărului de acţionări.
- T_p şi P, relee care realizează blocajul funcţionă-

rii protecţiei în cazul apariţiei unor pendulaţii în sistem. Releul P permite reglarea temporizării blocajului la valori cuprinse între o,2 şi o,4 s.

- elementul de temporizare S, un dispozitiv electromagnetic ce antrenează un sistem de ceasornic şi permite realizarea a cinci trepte de temporizare, reglabile între o,1÷8 s, fiecare treaptă avînd posibilitatea de blocare ∞.

- N = releu intermediar pentru declanşarea trifazată în treapta a V-a (nedirecţionată).

- eclisa "cu" sau "fără" demararea protecţiei RŽZ24-a prin curent homopolar (prin conectarea releului intermediar Q); a fost notată în scheme cu 4.

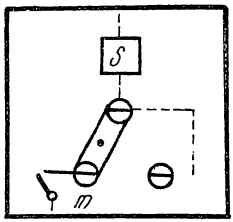


Fig. 8a
Cu demaraj prin curent homopolar.

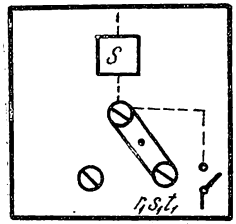


Fig. 8b
Fără demaraj prin curent homopolar.

- eclisa "declanşare trifazată" (notată în scheme cu 5) realizează prin conectarea releului intermediar E următoarele:

a. poziţia I stînga = declanşare trifazată la orice tip de defect, începînd cu treapta I inclusiv (fig. 9a);

b. poziţia a II-a stînga = declanşare trifazată la orice tip de defect începînd cu treapta a II-a inclusiv (fig. 9b);

c. poziţia I dreapta = declanşare trifazată la defecte polifazate, începînd cu treapta I inclusiv (fig. 9c);

d. poziţia extremă dreaptă = declanşări monofazate în treptele I, a II-a, a III-a şi a IV-a; declanşare trifazată în treapta a V-a (fig. 9d).

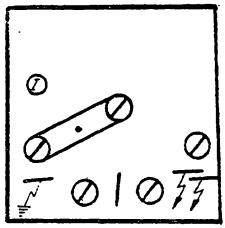


Fig. 9a
Decl.trif.tr.I-V.

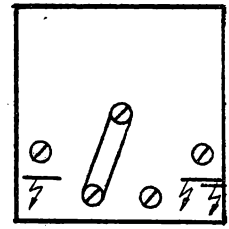


Fig. 9b
Decl.monof.tr.I
Decl.trif.tr.II - V.

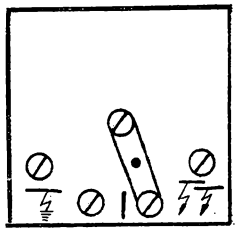


Fig. 9c
Decl.trif. la
defecte
polifazate.

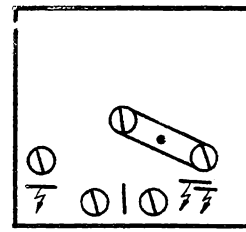


Fig. 9d
Decl.monof.
tr.I,II,III,IV.
Decl.trif.tr. V.

- eclisa "cu" sau "fără" temporizarea treptei I (notată în scheme cu 6); în poziţia "fără" şuntează treapta I de temporizare.

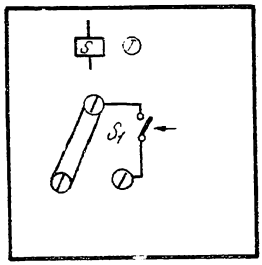


Fig. 10 a
Cu temporizare tr.I.

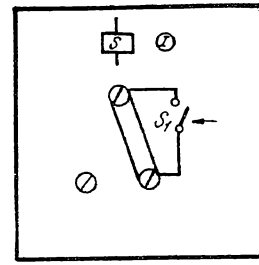


Fig. 10 b
Fără temporizare tr.I.

- eclisa "cu" sau "fără" blocaj la pendulaţii (notată în scheme cu 7) permite punerea sau scoaterea din funcţiune a blocajului la pendulaţii.

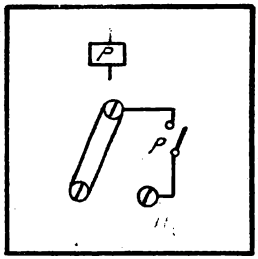


Fig. 11a
Cu blocaj la pendulaţii.

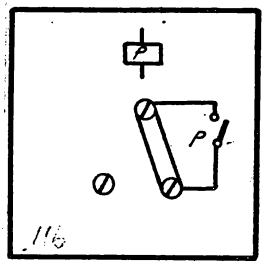


Fig. 11b
Fără blocaj la pendulaţii.

- eclisa "cu" sau "fără" includerea timpului propriu de declanşare a întrerupătorului în timpul înregistrat de către steguleţul elementului de temporizare S; este notată în scheme cu 8.

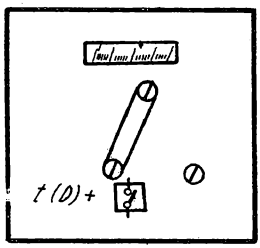


Fig. 12a
Cu înregistrarea timpului declanşare întreruptor

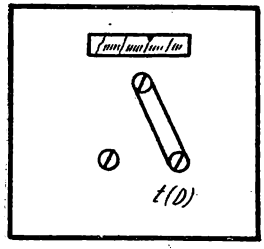


Fig. 12b
Fără înregistrarea timpului declanşare întreruptor

- eclisa laterală multiplă cu două poziţii (normal în poziţia A, numai în scheme speciale poziţia B).

3.3. Releul(caseta)de demaraj la minimă impedanţă R3Z3-u (anexa 5)

Releul de demaraj R3Z3-u completează protecţia R3Z24-a cînd aceasta protejează o linie din sistemul cu neutrul legat direct la pămînt. Conţine următoarele elemente:

- trei blocuri de conexiuni (cîte unul pe fiecare fază), avînd fiecare pe partea frontală cîte un călugel de adaptare după modul de realizare a "stelei" transformatoarelor de curent (notat în schemă cu A) şi cîte o eclisă(B), comutabilă în patru poziţii: - 1,2/2,7; 1,5/3,3; 2/4,2 ; 3,o/6,o x I_n.
- trei relee de minimă impedanţă $Z_R(S,T)$ (cîte unul pe fiecare fază) avînd gama de reglaj (o,5 ÷ 1)x I_n

pentru U = 0.

- trei clapete de semnalizare a funcţionărilor releelor de minimă impedanţă $Z_{R(S,T)}$.

3.4. Caseta cu rezistenţe(şunt) (anexa 6)

Caseta permite obţinerea unor tensiuni proporţionale cu curenţii de scurtcircuit ce străbat linia protejată, tensiuni ce se aplică elementelor de măsură şi direcţionale ale releului R3Z24-a.

Conţine următoarele elemente:

- trei rezistenţe de fază (cîte una pentru fiecare fază);
- o rezistenţă în circuitul de curent homopolar;
- un autotransformator ce permite obţinerea unui coeficient optim de corecţie faţă de defectele cu pămîntul: între 5o ÷ 16o%, în trepte de 5%, în domeniul 5o÷1oo%, respectiv în trepte de 1o%, în domeniul 1oo÷16o%.

3.5. Performanţele releului R3Z24-a(caracteristici tehnice)

Prin prospectul elaborat de fabrica constructoare (Siemens), se garantează următoarele performanţe pentru protecţia de distanţă R3Z24-a:

- Tensiune nominală, 1oo sau 11o V ~ 5o Hz;
- Tensiune operativă, 11o sau 22o V ;
- Curent nominal; 1 sau 5 A ~ 5o Hz;
- Reglaje pentru demarajul la supracurent (1÷4)x I_n;
- Reglaj pentru elementul homopolar de curent (o,4÷o,8)x I_n;
- Coeficient de revenire pentru elementele de demaraj la supracurent K = o,85;
- Consum propriu în circuitele de curent alternativ R3Z24-a = (o,5÷5) VA/fază, în funcţie de şuntul folosit;
- Consum propriu în circuitele de tensiune alternativă R3Z24-a; normal = zero, în stare de excitare = (1o÷42) V.A;
- Consum propriu în circuitele de curent continuu; normal = 12 W iar în stare de excitare = 18o W;
- Consumuri proprii ale casetei de demaraj R3Z3-u - o,2 V.A/fază în circuitele de curent alternativ, respectiv 2÷6 V.A/fază în circuitele de tensiune alternativă.
- Puterea de conectare a contactelor releului R3Z24-a (la cuplare) - 1 ooo W; puterea de deconectare (la decuplare) - 5o W, fără a se depăşi însă 1o A, respectiv 25o V.
- Timp minim de declangare - 35 mls.
- Precizia de măsurare ± 5%.

- Trepte minime de timp $\Delta t \div 0,5$ s.
- Suprafincărcări admisibile la releu:

100 x I_n, timp de 1 s.
30 x I_n, timp de 10 s.
4 x I_n, permanent.

4. PRINCIPIILE DE FUNCTIONARE ALE ELEMENTELOR DE BAZA ALE PROTECTIEI R3Z24-a

Deoarece din punct de vedere constructiv protecţia de distanţă R3Z24-a diferă faţă de alte tipuri de protecţie, se impun cîteva precizări teoretice cu privire la principiile de funcţionare ale unor elemente componente ale acestei protecţii.

4.1. Elementul de demaraj R3Z3-u

Cînd protecţia de distanţă R3Z24-a este destinată protejării unei linii de înaltă tensiune din sistemul cu neutrul legat direct la pămînt, nu este suficient demarajul protecţiei prin elementele de supracurent şi se completează protecţia cu un organ de demaraj la minimă impedanţă tip R3Z3-u. Valoarea impedanţei-limită (sub care protecţia demarează) este condiţionată nu numai de raportul

$|\bar{Z}| = \frac{|\bar{U}|}{|\bar{I}|}$, ci şi de unghiul (defazajul) dintre tensiunea de fază $\bar{U}_f$ şi curentul de fază $\bar{I}_f$ aplicate. Ştiind că la un scurtcircuit defazajul între curent şi tensiune este mult mai mare decît la regimuri de sarcină normală ($\varphi_{sc} = 60 \div 90^o$ în funcţie de caracteristicile liniei) a fost introdus un criteriu suplimentar - funcţia de unghi, care asigură o sensibilitate, respectiv o siguranţă sporită în funcţionarea elementelor de demaraj.

Schema desfăşurată a unui element pentru o singură fază, este redată în figura 13.

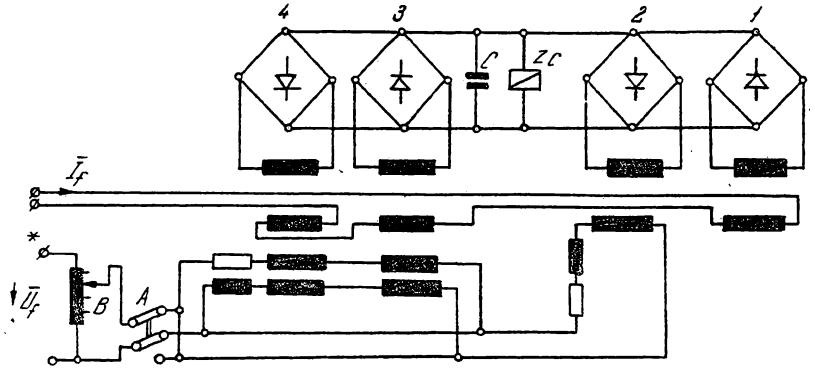
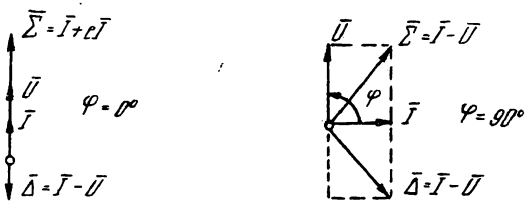


Fig. 13
Elementul de demaraj la minimă impedanţă .

Elementul de demaraj la minimă impedanţă Z $<$ este un releu magnetoelectric, alimentat într-un montaj diferenţial tip balanţă. Prin intermediul a patru punţi redresoare, elementul magnetoelectric este alimentat cu patru componente de curent, proporţionale cu curentul de fază, tensiunea de fază, suma dintre curent şi tensiune, respectiv diferenţa dintre curentul şi tensiunea de fază.

Dacă releul ar fi alimentat numai cu componentele date de curent, respectiv tensiune, acesta s-ar comporta ca un simplu releu de impedanţă. Funcţia de unghi este introdusă de componentele sumă şi diferenţă.In figura 14a şi b se observă că pentru defazaje 0^o între curent şi tensiune, modulul sumă $\Sigma = |\bar{I}+\bar{U}|$ este mult mai mare decît modulul diferenţă $\Delta = |\bar{I} - \bar{U}|$.



a) Componentele $\bar{\Sigma}$ şi $\bar{\Delta}$ pt. $\varphi=0^o$ *b) Componentele $\bar{\Sigma}$ şi $\bar{\Delta}$ pt. $\varphi=90^o$ induct.*

Fig. 14

a. Componentele $\bar{\Sigma}$ şi $\bar{\Delta}$ pentru $\varphi = 0^o$.

b. Componentele $\bar{\Sigma}$ şi $\bar{\Delta}$ pentru $\varphi = 90^o$ induct .

Pentru defazaje de 90^o între curent şi tensiune, modulul sumă este egal cu modulul diferenţă $\Sigma = \Delta$. Rezultă

deci că diferenţa $\Delta - \Sigma$ este o funcţie de unghiul de defazaj dintre curent şi tensiune. Componenta proporţională cu curentul de fază şi componenta proporţională cu diferenţa dintre curent şi tensiune acţionează releul magnetoelectric spre poziţia "contact închis", iar componenta proporţională cu tensiunea de fază, respectiv componenta proporţională cu suma dintre curentul şi tensiunea de fază, acţionează releul polarizat, spre poziţia "contact deschis".

Din interacţiunea acestor patru curenţi prin circuitul releului magnetoelectric, rezultă caracteristica de acţionare a acestui releu, care este determinată, atît de valorile efective ale curentului şi ale tensiunii aferente fazei măsurate, cît şi de defazajul dintre ele.

In figura 15 a, b şi c, sînt redate caracteristicile de demaraj prezentate în prospectul fabricii constructoare.

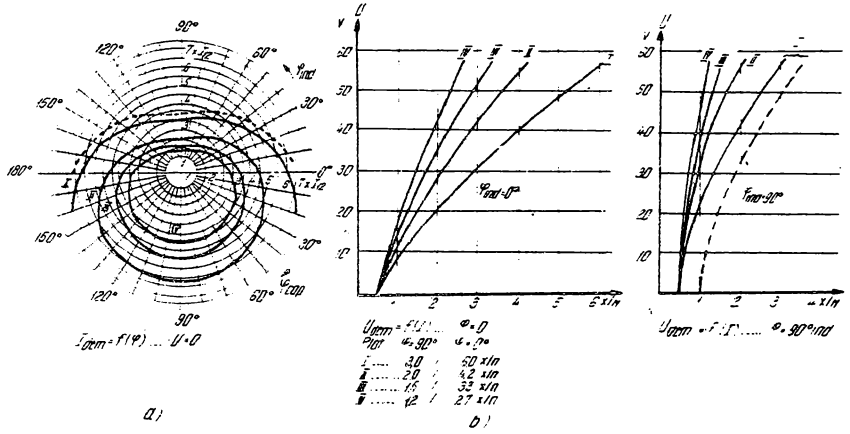


Fig. 15
Caracteristicile de demaraj.

4.2. Elementul direcţional

Este, de asemenea, un releu magnetoelectric, alimentat în schema diferenţială tip balanţă, ceea ce îi asigură o sensibilitate deosebită în funcţionare (poate funcţiona cu tensiuni de pînă 1% din tensiunea nominală o,ol U_n). Schema desfăşurată a unui element pentru o singură fază este redată în figura 16.

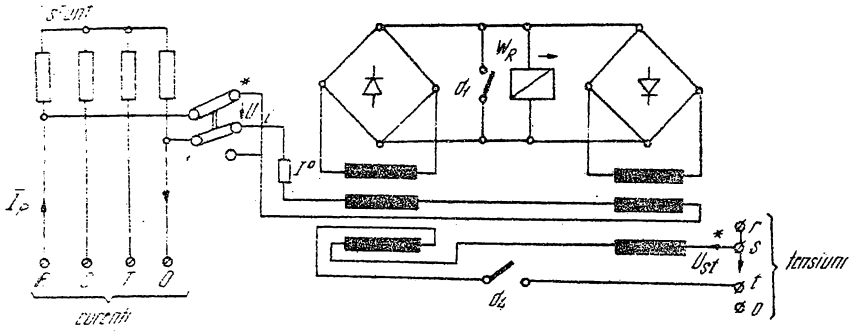


Fig. 16
Elementul direcţional.

Releul magnetoelectric este alimentat prin intermediul unei punţi redresoare cu suma dintre căderea de tensiune proporţională cu curentul fazei defecte şi tensiunea dintre celelalte două faze, respectiv cu diferenţa dintre aceste două componente, prin intermediul unei a doua punţi redresoare.

In mod normal, releul direcţional este şuntat prin contactul d_1 şi va fi pus în funcţiune în momentul demarării protecţiei prin deschiderea contactului d_1 şi închiderea contactului d_4. Fiind dispus în montaj diferenţial între cele două punţi redresoare, releul va fi străbătut de diferenţa dintre valorile algebrice (module) ale celor două componente (din cauza inerţiei proprii, releul nu are posibilitatea de a urmări pulsaţiile de 100 Hz, obţinute prin redresare).

Componenta sumă $\xi = |\bar{I}+\bar{U}|$ va acţiona releul spre poziţia închis, iar componenta diferenţă $\Delta = |\bar{I}-\bar{U}|$ spre poziţia deschis. In figura 17 a, b şi c sînt reprezentate vectorial aceste componente la diferite defazaje φ, între $\bar{U}$ şi $\bar{I}$.

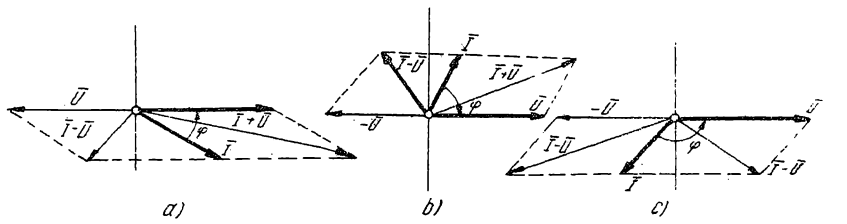


Fig 17 a — şi Δ pentru $\varphi < 90^o$ ind.

Fig. 17 b — şi Δ pentru $\varphi < 90^o$ cap.

Fig. 17 c — şi Δ pentru $\varphi < 90^o$

Din analiza vectorială redată mai sus rezultă:

- pentru $+90^{o} > \varphi > -90^{o}$ $\quad \bar{I} > \bar{U} \quad \bar{I} - \bar{U}$;
- pentru $\varphi = \pm 90^{o} \quad \bar{I} + \bar{U} \quad \bar{I} - \bar{U}$.

Deoarece releul magnetoelectric va fi acţionat de un cuplu proporţional cu curentul ce străbate înfăşurarea sa:

$$M = k\left[\mathcal{E} - \Delta\right] = k\left[|\bar{I} + \bar{U}| - |\bar{I} - \bar{U}|\right]$$

iar

$$\mathcal{E} = |\bar{I} + \bar{U}| = I^2 + 2IU\cos\varphi + U^2$$

şi

$$\Delta = |\bar{I} - \bar{U}| = I^2 - 2IU\cos\varphi + U^2$$

rezultă că

$$M = K \cdot I \cdot U \cos\varphi .$$

Această relaţie sugerează faptul că elementul direcţional lucrează ca un element de putere activă (element wattmetric). In realitate, prin construcţia interioară se introduce o deplasare a zonei de acţionare a elementului direcţional cu un anumit unghi (α), astfel încît relaţia devine $M = K\,I.U\cos(\varphi + \alpha)$, rezultînd

$M = M_{max.}$ pentru $\cos(\varphi + \alpha) = 1 \quad \varphi = -\alpha$

$M = 0$ pentru $\cos(\varphi + \alpha) = 0$

$\varphi_1 = 90 - \alpha$ sau

$\varphi_2 = -90 - \alpha = -(90 + \alpha)$.

De menţionat că unghiurile se măsoară de la vectorul curent spre vectorul tensiune şi sînt pozitive dacă măsurarea se face în sensul trigonometric (invers acelor de ceasornic).

De asemenea, unghiul interior α are valoarea de 45^{o}, în cazul releelor R3Z24, şi de 30^{o}, în cazul releelor R3Z24-a.

Ştiind că pentru liniile aeriene unghiurile impedanţelor de scurtcircuit sînt cuprinse între 60 şi 90^{o}, pentru a asigura condiţiile optime de acţionare a elementelor direcţionale ale releului R3Z24-a, acestea se leagă în schema de 90^{o} (curentul unei faze şi o tensiune cu 90^{o} în urmă).In figura 18a este redată curba cuplului activ(de acţionare),iar în figura 18b zona de lucru a elementului direcţional.

Observaţie. Releul R3Z24-a are schema conexiunilor elementelor direcţionale la 0^{o}.

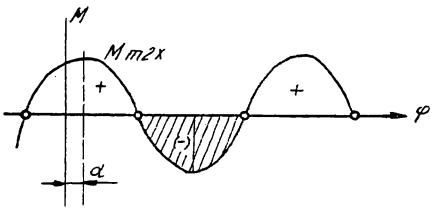


Fig. 18 a
M = f (φ).

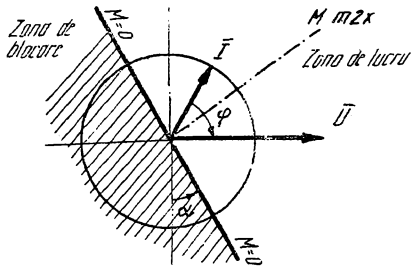


Fig. 18 b
Zona de lucru.

4.3. Elementul de măsură al impedanţei

Elementul de măsură al impedanţei este realizat pe baza aceluiaşi principiu al releului magnetoelectric, alimentat în montajul diferenţial tip balanţă. Schema desfăşurată a unui element de măsură, pentru o singură fază, este redată în figura 19.

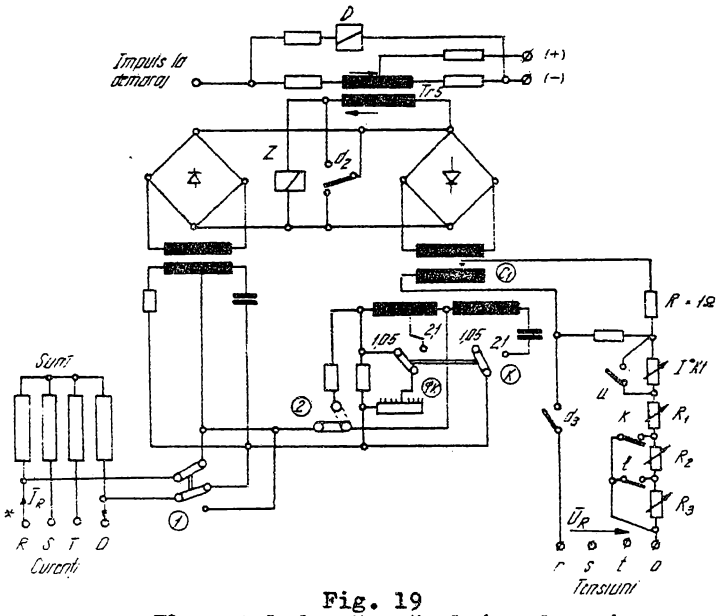


Fig. 19
Elementul de măsură al impedanţei.

In mod normal, elementul de măsură Z se află în repaus, fiind suntat prin contactul d_2; el este pus în funcţiune în momentul demarării protecţiei, prin deschiderea contactului d_2 şi prin închiderea contactului d_3. Acestea sînt contacte protejate în gaz inert ale releului intermediar D.

Contactul elementului de măsură Z are poziţia normală "închis", ceea ce permite evitarea unei zone moarte în direcţia reglată. Pentru a nu fi însă provocate declanşări eronate în timpul fenomenelor tranzitorii de demaraj (atît elementul direcţional cît şi elementul de măsură au contactele normal închise), a fost introdus transformatorul de impuls Tr 5, care în momentul demarajului provoacă deschiderea instantanee de scurtă durată a contactului elementului de măsură Z.

In procesul de măsurare, o punte redresoare a balanţei este alimentată cu o cădere de tensiune proporţională cu curentul fazei defecte şi acţionează releul magnetoelectric spre poziţia "închis"; a doua punte redresoare este alimentată cu tensiunea fazei defecte şi acţionează releul spre poziţia "deschis". Pentru ca releul să acţioneze, trebuie să fie predominantă componenta de curent, adică dacă:

$$i_i = |K_1 \bar{I}| \qquad i_u = |K_2 \bar{U}|$$

va trebui ca $i_i \geqslant i_u$, adică

$$|K_1 \bar{I}| \geqslant |K_2 \bar{U}| \quad \text{sau} \quad \left|\frac{\bar{U}}{\bar{I}}\right| \leqslant \frac{K_1}{K_2} .$$

Dacă notăm $\left|\frac{\bar{U}}{\bar{I}}\right| = |\bar{Z}_{măs.}|$ şi $\frac{k_1}{k_2} = Z_{regl.}$

rezultă condiţia de acţionare a releului:

$$|\bar{Z}_{măs.}| \leqslant Z_{regl.}$$

In concluzie, releul în montajul prezentat este un releu de minimă impedanţă, iar caracteristica acestuia $Z = Z_{regl.} = \frac{k_1}{k_2} = ct.$ este un cerc cu centrul în originea axelor R şi X (fig. 2o a).

Ştiind că majoritatea defectelor sînt însoţite de arc electric, care se manifestă printr-o rezistenţă suplimentară, introdusă în bucla de scurtcircuit măsurată de elementul Z al protecţiei de distanţă, datorită căreia măsurătoarea poate fi eronată (fig. 2o b), se impune compensarea rezistenţei de arc. Această compensare se realizează prin deplasarea caracteristicii circulare (poziţia punctată, fig. 2o b), introducînd o componentă de curent în circuitul punţii redresoare, alimentată cu tensiunea fazei defecte, prin intermediul eclisei 2.

$$i_i = |K_1 \bar{I}| \quad \text{şi} \quad i_u = |K_2 \bar{U} - K_1' \bar{I}|$$

$$i_i \geq i_u \qquad \left|K_1\bar{I}\right| \gg \left|K_2\bar{U} - K_1'\bar{I}\right|$$

$$\left|K_1\bar{I}\right| \gg K_2\bar{I}\left|\frac{\bar{U}}{\bar{I}} - \frac{K_1}{K_2}\right|$$

$$\left|\bar{Z} - \frac{k_1'}{k_2}\right| \leqslant \frac{k_1}{k_2} \cdot$$

Dacă notăm $\frac{k_1}{k_2} = Z_{regl.}$ şi $\frac{k_1'}{k_2} = R_{arc.}$, rezultă caracteristica de acţionare

$$\left|\bar{Z} - R_{arc}\right| \leqslant Z_{regl.}$$

Compensarea rezistenţei de arc prin deplasarea caracteristicii circulare se poate face numai pe axa R spre dreapta (eclisa K = 1,o5, fig. 2ob), sau pe axa R spre dreapta şi pe axa X în jos (eclisa K = 2,1 , fig. 2oc).

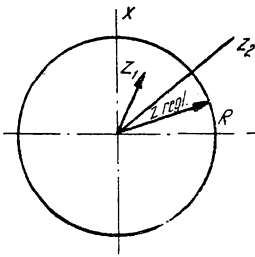


Fig. 2o a
Cerc nedeplasat

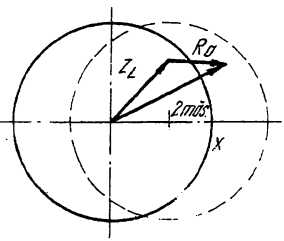


Fig 2o b
Cerc deplasat pe axa R

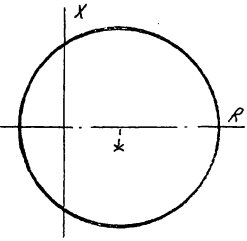


Fig. 2o c
Cerc deplasat pe axele RX

Compensarea arcului prin deplasarea caracteristicii circulare se adeptează la condiţiile liniei protejate cu ajutorul eclisei circulare $\chi - \varphi_k$.

4.4. Blocajul la pendulaţii

Fenomenele de pendulaţii apar în sistem în urma unor defecte puternice, însoţite de variaţii mari de tensiune (scăderi şi reveniri). Aceste fenomene se caracterizează prin circulaţii de puteri între generatoarele sistemului, provocate de forţele de autosincronizare şi având drept

consecinţă variaţii de curenţi şi tensiuni în reţea. In timpul unor astfel de fenomene, se poate întîmpla ca impedanţa măsurată de elementele de demaraj R3Z3-u să fie inferioară pragului de demaraj şi chiar treptelor de impedanţă reglate la protecţie, fapt ce ar putea duce la declanşări eronate. Există însă deosebiri între fenomenele de defect (scurtcircuite) şi fenomenele de pendulaţii şi anume:

- In timpul defectelor, impedanţa scade brusc la o valoare relativ mică (în decurs de cel mult 100 ms, adică 5 perioade), care se menţine scăzută pînă ce defectul este separat de sistem.

- In timpul fenomenelor de pendulaţii, impedanţa prezintă variaţii sinusoidale între o valoare (amplitudine) maximă şi o valoare minimă. Scăderea impedanţei la valori reduse nu se face brusc, ci după o pantă lină (t ≈ 100 ms). Valorile reduse ale impedanţei măsurate nu sînt de durată, întrucît variaţia este sinusoidală; se consideră că intervalul în care impedanţa este scăzută nu depăşeşte 0,4 s.

In consecinţă, pericolul declanşărilor eronate în timpul fenomenelor de pendulaţii este în treapta I de distanţă.

Aceste considerente stau la baza blocajului la pendulaţii inclus releului de distanţă R3Z24-a, redat în figura 21.

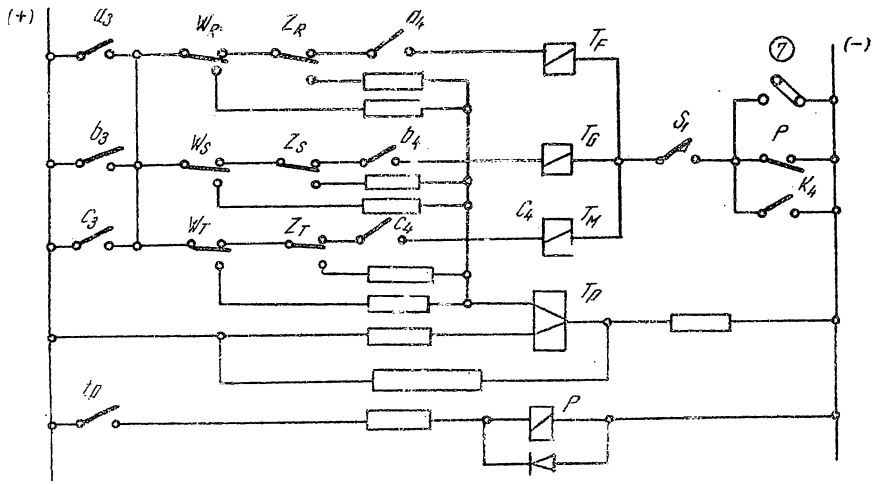


Fig. 21
Schema de blocaj la pendulaţii.

Blocajul la pendulaţii, constituit din releul cu temporizare la închidere T_p şi releul cu temporizare la revenire P, este pus în funcţiune numai la demaraje trifazate. După cum s-a arătat anterior, în momentul demarajului, datorită transformatorului de impuls, elementul de măsură îşi deschide pentru un foarte scurt timp contactul său normal închis şi îl închide pe cel normal deschis. Dacă toate trei elementele de măsură (Z_R, Z_S, Z_T) execută această operaţie, se asigură condiţiile de excitare a releului T_p (acelaşi lucru se poate realiza de către cele trei elemente direcţionale W_R, W_S, W_T, la circulaţia inversă a puterii).

Releul T_p are o temporizare la acţionare de circa loo ms. Dacă în acest interval, elementele de măsură determină o impedanţă mai mică decît pragul treptei I (scădere bruscă a impedanţei), înseamnă că este un defect şi se va transmite un impuls de declangare prin închiderea contactului de lucru al elementului de măsură respectiv, iar blocajul la pendulaţii rămîne ineficace.

Dacă scăderea impedanţei din momentul demarajului pînă sub pragul primei trepte de acţionare este lină ($>$ loo ms), atunci releul T_p are timpul necesar să se excite şi să excite la rîndul său releul intermediar P, care, prin deschiderea unui contact propriu normal închis, taie calea impulsurilor de declangare. Revenirea contactului releului P se face temporizat cu o valoare reglabilă între o,2 şi o,4 s.

Blocajul la pendulaţii este făcut ineficace pentru treptele a II-a şi a III-a de impedanţă prin şuntarea contactului P de către un contact al releului intermediar K (k_4).

Blocajul la pendulaţii poate fi făcut complet ineficace (anulat) prin închiderea eclisei 7, pe poziţia " fără blocaj la pendulaţii" (fig. ll b).

4.5. Coeficientul de corecţie la defecte cu pămîntul

In cazul unor scurtcircuite bifazate, elementul de măsură Z determină impedanţa buclei conductor-conductor, iar în cazul unor scurtcircuite cu pămîntul (monofazate de exemplu) este determinată impedanţa buclei conductor-pămînt. Deoarece impedanţa conductorului de fază diferă de impedanţa pămîntului (în care intervine şi rezistenţa de trecere), s-ar ajunge practic la măsurători inexacte ale distanţelor pînă la locul defectelor, după tipul şi forma de manifestare a defectelor.

Pentru a compensa influenţa defectelor cu pămîntul, în cutia şuntului este introdus un autotransformator ... paralel cu rezistenţa de pe circuitul de nul al curenţilor, avînd posibilităţi largi de reglaj (vezi capitolul 2, subcapitolul 2.2.4 şi anexa 6).

Observaţii. Factorul de compensare la defectele cu pămîntul se ia în considerare în calculul tensiunilor de alimentare pentru ridicarea caracteristicii în trepte la

defecte monofazate.

$Z_o = \frac{U_o}{I_o}$ ..... impedanţa homopolară (experimental).

$Z_p = \frac{Z_o - Z_L}{3}$ ..... impedanţa pămîntului.

$q = \frac{Z_p \times 100}{Z_L} = \left(\frac{Z_o}{3 Z_L} - \frac{1}{3}\right) \times 100$ .... factorul de corecţie %.

$K_q = 1 + q/100$ .... coeficient de corecţie.

5. VERIFICARILE PROTECTIEI R3Z24-a

Probele ce trebuie efectuate asupra protecţiei de distanţă R3Z24-a diferă, ca tip şi grad de complexitate în funcţie de categoria lucrării (punere în funcţiune, verificare periodică sau reparaţie). Intrucît lucrările de reparaţii implică demontarea releelor din staţie şi verificarea acestora în laborator, probele efectuate asupra protecţiei după repararea unui releu se asimilează cu probele efectuate la punerea în funcţiune a unei instalaţii noi.

Periodicitatea de verificare a unei protecţii R3Z24-a este, în mod normal, anuală, la termenele programate. Se mai execută verificări (parţiale sau complete) ori de cîte ori există dubii asupra corectitudinii funcţionării protecţiei.

Probele ce vor fi efectuate cu ocazia verificărilor sînt cuprinse în tabelul 1. Simbolurile probelor au următoarele semnificaţii:

A = verificări la punerea în funcţiune;
B = verificări periodice;
C = verificări după reparaţii.

Tabelul 1

Nr.	Denumirea verificării	Condiţiile verificării	Periodicitatea
1	2	3	4
5.1.	Verificarea părţilor mecanice	- Aspectul general al protecţiei, etanşările releelor, starea contactelor, funcţionarea clapetelor semnalizatoare etc.	(A,B) - atît la punerea în funcţiune cît şi la verificările periodice
5.2.	Verificarea corectitudinii schemei de conexiune	- Conexiunea (steaua) transformatoarelor de curent	(A,C) - la punerea în funcţiune şi după lucrările în circuitul de curent

1	2	3	4
		- Se verifică minuţios conexiunile releelor protecţiei pe baza schemei generale de conexiuni(anexa 7).	(A,C) - la punerea în funcţiune, după care se sigilează capacele releelor - la verificările periodice, numai dacă există dubii (sigilii rupte, etc.).
5.3.	Măsurarea rezistenţelor de izolaţie ale circuitelor protecţiei	- Circuitul de curent alternativ în ansamblu - Circuitul tensiunii alternative în ansamblu - Circuitul de curent continuu în ansamblu	(A,B) - la punerea în funcţiune şi la verificările periodice
5.4.	Verificarea sunetului	- Măsurarea valorilor rezistenţelor	(A,B) - la punerea în funcţiune şi la verificările periodice
5.5.	Calculul reglajelor protecţiei -stabilirea particularităţilor de funcţionare	- Pe baza treptelor primare de impedanţă se calculează impedanţele secundare, rezistenţele de reglaj şi tensiunea de alimentare - Se stabilesc poziţiile elementelor reglabile, conform schemei de funcţionare	(A,B) - la punerea în funcţiune şi la verificările periodice
5.6.	Verificarea elementelor de demaraj la supracurent	- Curentul de acţionare, curentul de revenire, coeficientul de revenire pentru toată scala.	(A) - la punerea în funcţiune
		- Idem pentru punctul de funcţionare.	(A,B) - la punerea în funcţiune şi la verificările periodice

1	2	3	4
5.7.	Verificarea elementelor de demaraj la minimă impedanţă	- Caracteristicile de demaraj	(A) la punerea în funcţiune
		- Puncte de sondaj pentru plotul de funcţionare ($\varphi = 0^o$ şi $U=U_n$; o,5 U_n; 0)	(B) la verificările periodice
5.8.	Verificarea elementelor direcţionale	Zona de lucru	(A) la punerea în funcţiune
		Puterea minimă de acţionare pentru φ sursă = 0^o	(A,B) la punerea în funcţiune şi la verificările periodice
5.9.	Verificarea elementului de timp	Scala	(A) la punerea în funcţiune
		Punctele de funcţionare	(B) la verificări periodice
5.1o	Ridicarea caracteristicii în trepte, inclusiv a prelungirii treptei I	- Scurtcircuite monofazate - Scurtcircuite bifazate	(A,B) atît la punerea în funcţiune, cît şi la verificări periodice
5.11	Verificarea elementelor de impedanţă mixtă	Cercul de impedanţă pentru treapta I prin fixarea a minimum patru puncte $\varphi = 0^o$; $8o^o$; $18o^o$; $26o^o$	(A) la punerea în funcţiune
		Un punct de sondaj pentru treapta I $\varphi = 18o^o$	(B) la verificări periodice
5.12	Verificările de acţionare ale releelor	Demarajele pe faze, impulsurile de declanşare şi semnalizările aferente, conform poziţiei de funcţionare	(A) la punerea în funcţiune pentru toate poziţiile eclliselor (B) la verificări periodice, numai dacă eclisele corespunzătoare sînt pe poziţia "cu"
		Demarajul prin curent homopolar	
		Temporizare treapta I	
		Înregistrarea timpului de declanşare a întrerupătorului	
		Tensiunile minime de acţionare a releelor	

1	2	3	4
		Blocajul la pendulaţii	(A) la punerea în funcţiune, temporizarea releelor T_p şi P + acţionarea (B) la verificări periodice, acţionarea dacă eclisa e pe poziţia "cu"
		Oscilografierea timpilor de acţionare	(A) = facultativ
5.13.	Verificarea elementelor anexe	- elementele schemei de blocaj la întreruperea tensiunii	(A,B) la punerea în funcţiune şi la verificări periodice
5.14.	Interacţionări ale protecţiei cu întrerupătoare de linie şi cu dispozitivul RAR	- impuls de declanşare pentru fiecare fază în parte - acţionarea releului U de scurtare automată a treptei I după ciclul RAR - impuls de declanşare trifazat în treapta a V-a, folosind trusa de curent primar	(A,B) la punerea în funcţiune cît şi la verificări periodice
5.15.	Verificarea închiderii circuitelor secundare de curent	- Pe fiecare fază cu ajutorul trusei de curent primar	(A,B) la punerea în funcţiune, cît şi la verificări periodice
5.16.	Pregătirea protecţiei pentru funcţionarea în exploatare	- se verifică toate legăturile prin cleme să fie corecte - se controlează corectitudinea reglajelor stabilite şi a poziţiei ecliselor - se anulează toate semnalizările existente - se controlează prezenţa tensiunii continue la protecţie, se conectează dispozitivul de declanşare pe	(A,B) la punerea în funcţiune şi după oricare verificare periodică

1	2	3	4
		poziţia "în funcţiune" - se plombează(sigilează toate releele	
5.17.	Ridicarea diagramei vectoriale a curentului în sarcină	- Cu linia în sarcină şi cu protecţia de distanţă anulată pe timpul verificării	(A,C) la punerea în funcţiune şi ori de cîte ori se lucrează în circuite secundare ale reductoarelor de curent (sau tensiune), care afectează protecţia
5.18.	Întocmirea buletinului de verificare	pentru probele efectuate	(A,B) la punerea în funcţiune, cît şi la verificările periodice.

5.1. Verificarea părţilor mecanice (A,B)

Se examinează starea generală a elementelor protecţiei. Releele componente trebuie să lucreze corect şi să aibă contacte bune, iar clapetele semnalizatoare să cadă şi să se anuleze corect. Se examinează etanşarea casetelor împotriva pătrunderii prafului.

5.2. Verificarea corectitudinii schemei de conexiuni(A,B)

- Se verifică fir cu fir conexiunile la casetele protecţiei, conform schemei desfăşurate (anexa 7). Se verifică dacă toate legăturile în cleme sau la borne sînt bine strînse (atenţie mărită pentru circuitele de curent). Deosebită atenţie se va acorda corectitudinii polarităţilor circuitelor de curent continuu.
- Se verifică succesiunea corectă a tensiunilor aplicate protecţiei.
- Se verifică, prin metoda impulsurilor de curent continuu şi prin măsurători la blocurile de curent,conexiunea transformatoarelor de curent ("steaua").Montajul de verificare este redat în figura 22. Se utilizează o pilă electrică şi un instrument de măsură universal, avînd domenii sensibile la impuls.

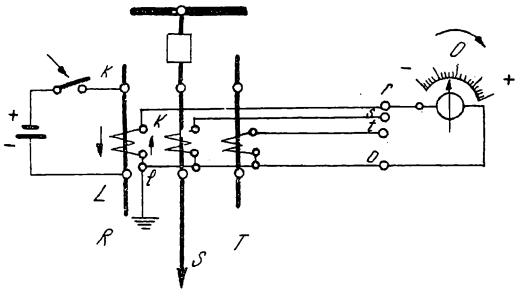


Fig. 22
Montaj pentru verificarea conexiunilor transformatorului de curent.

Observaţii. Aceste verificări se execută cu ocazia punerii în funcţiune a protecţiei sau atunci cînd se intervine într-un fel în circuitele protecţiei (modificări de conexiuni, de cablaje etc.).

La verificările periodice se vor efectua aceste probe numai dacă există dubii asupra circuitelor(sigilii rupte etc).

5.3. Măsurarea rezistenţelor de izolaţie ale circuitelor protecţiei (A,B)

Se execută atît la punerea în funcţiune, cît şi la verificările periodice.

- Se măsoară rezistenţa de izolaţie a circuitelor de curent alternativ aferente protecţiei în ansamblu (inclusiv înfăşurările transformatoarelor de curent). Pe timpul măsurătorilor, legătura la pămînt a "stelei" transformatoarelor de curent va fi deconectată.
- Se măsoară rezistenţa de izolaţie a circuitelor de tensiune aferente protecţiei, în ansamblu.
- Se măsoară rezistenţa de izolaţie a circuitelor de curent continuu (protecţie, semnalizări), în ansamblu.

Măsurătorile se execută cu ajutorul unui megohmmetru de 1 ooo V; valorile obţinute trebuie să fie de minimum 1 MΩ.

5.4. Verificarea şuntului (A,B)

Se execută atît la punerea în funcţiune, cît şi la verificările periodice.

Proba obligatorie va fi măsurarea valorilor rezistenţelor şuntului. Acestea se determină cu ajutorul unei punţi duble, avînd domenii de măsură mici. Rezultatele obţinute

se compară cu valorile date de fabrica constructoare (înscrise pe tăbliţă), faţă de care nu trebuie să difere cu mai mult de ± 5%.

Dat fiind că nu toate şunturile înglobează transformatorul de adaptare al factorului de corecţie la defecte cu pămîntul, verificarea acestui transformator rămîne o probă facultativă; se determină raportul de transformare.

5.5. Calculul reglajelor protecţiei- stabilirea particularităţilor de funcţionare

5.5.1. Calculul treptelor de impedanţă şi al rezistenţelor de reglaj (A,B)

Fabrica constructoare asigură prin prospect o precizie de măsurare a protecţiei R3Z24-a de ± 5%. Din acest considerent, pentru a asigura selectivitatea în funcţionarea protecţiei, prima treaptă de impedanţă poate cuprinde 90% din linia protejată ($Z_{1\ L}$). Treptele a II-a şi a III-a pot cuprinde pînă la 80% din impedanţă, pînă la proximul punct de basculare al treptei identice din aval. In figura 23 este reprezentată reglarea teoretică a treptelor de impedanţă aferente protecţiei R3Z24-a.

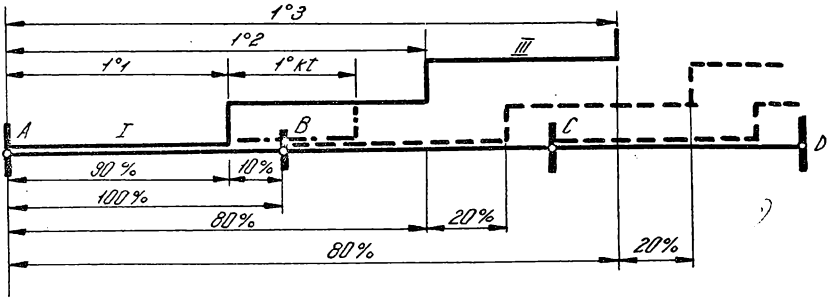


Fig. 23
Reglarea teoretică a treptelor protecţiei R3Z24-a.

Caracteristicile primare ale reţelei protejate(treptele primare de impedanţă) trebuie transpuse în caracteristicile proprii releului, ţinînd seama de faptul că măsurarea buclei de scurtcircuit se face prin intermediul transformatoarelor de curent şi tensiune (n_{Ti}, n_{Tu}), iar rezistenţa de arc se compensează sau nu (K) şi avîndu-se în vedere caracteristicile şuntului (C_3).

Reglarea practică a treptelor de impedanţă se face prin alegerea coeficientului C_1 - reglarea grosieră - şi punerea sau scoaterea din circuitul de tensiune a unor porţiuni din rezistenţele cu ploturi R_1, R_2, R_3 - reglarea fină.

Pentru cazurile în care nu se compensează rezistenţa de arc, relaţia pentru calculul rezistenţelor de reglaj indicată de fabrica constructoare este:

$$r = \frac{2}{C_1 \cdot C_3} \times \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \times Z_{prim.} = \frac{2}{C_1 \cdot C_3} \cdot Z_{sec.},$$

în care C_3 este constanta şuntului (planşa 6);

n_{Ti} - raportul de transformare reductoare de curent;

n_{Tu} - raportul de transformare reductoare de tensiune;

$Z_{prim.}$ - treapta primară de impedanţă, în Ω/f

C_1 - se alege în aşa fel, încît să rezulte $1\Omega < r_1 < 13{,}7\Omega$.

Pentru cazurile în care se compensează rezistenţa de arc, se iau în consideraţie doar reactanţele primare ale reţelei protejate, iar relaţia de calcul al rezistenţelor de reglaj este:

$$r = \frac{2}{C_1 \cdot C_3} \times \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \times K \cdot X_{prim.} = \frac{2 \cdot K}{C_1 \cdot C_3} X_{sec.}$$

în care K este valoarea de poziţie a eclisei duble (1,o5 pentru deplasări numai pe axa R şi 2,1 pentru deplasări atît pe R cît şi pe X);

$X_{prim.}$ - treapta primară de reactanţă, în Ω/f;

$X_{sec.}$ - treapta secundară de reactanţă, în Ω/f.

Exemplu de calcul

Să se calculeze reglajele unei lunii de 11o kV protejată cu un releu de distanţă R3Z24-a, compensare pur rezistivă a arcului electric la un unghi $\varphi k = 8o^o$. Rapoartele de transformare ale reductoarelor de curent sînt 4oo/5 A, iar cele ale reductoarelor de tensiune 11oooo/1oo V.

Suntul folosit este de 1oo mΩ 5 A($C_3 = 2$), iar treptele primare sînt următoarele:

$X_{1\ prim.} = 21{,}6\ \Omega/f$,

$X_{2\ prim.} = 35{,}9\ \Omega/f$,

$X_{3\ prim.} = 55{,}5\ \Omega/f$.

Din datele problemei rezultă:

$n_{Ti} = 4oo/5$ A/A

$n_{Tu} = 11oooo/1oo$ V/V

$\varphi k = 8o^o$

$C_3 = 2$

$K = 1{,}o5$

Alegem $C_1 = 0,5$

$$X_{1\ sec.} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_{1\ prim.} = \frac{400/5}{110000/100} \cdot 21,6 = 1,57\ \Omega/f.$$

$$X_{2\ sec.} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_{2\ prim.} = \frac{400/5}{110000/100} \cdot 35,9 = 2,61\ \Omega/f.$$

$$X_{3\ sec.} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_{3\ prim.} = \frac{400/5}{110000/100} \cdot 55,5 = 4,04\ \Omega/f.$$

$$r_1 = \frac{2 \cdot K}{C_1 \cdot C_3} \cdot X_{1\ sec.} = \frac{2 \cdot 1,05}{0,5 \cdot 2} \cdot 1,57 = 3,3\ \Omega$$

$R_1 = r_1 - 1 = 3,3 - 1 = 2,3\ \Omega$ (se scade $1\ \Omega$ rezistenţa de bază nereglabilă - figura 19).

Se reglează $R_1 = 1,6+0,4+0,2+0,1 = 2,3\ \Omega$

$$r_2 = \frac{2 \cdot K}{C_1 \cdot C_3} \cdot X_{2\ sec.} = \frac{2 \cdot 1,05}{0,5 \cdot 2} \cdot 2,61 = 5,5\ \Omega$$

$R_2 = r_2 - r_1 = 5,5 - 3,3 = 2,2\ \Omega$

Se reglează $R_2 = 1,6+0,4+0,2 = 2,2\ \Omega$

$$r_3 = \frac{2 \cdot K}{C_1 \cdot C_3} \cdot X_{3\ sec.} = \frac{2 \cdot 1,05}{0,5 \cdot 2} \cdot 4,04 = 8,5\ \Omega$$

$R_3 = r_3 - r_2 = 8,5 - 5,5 = 3,0\ \Omega$

Se reglează $R_3 = 1,6+0,8+0,4+0,2 = 3,0\ \Omega$

In figura 24 este reprezentată schema reglajelor stabilite.

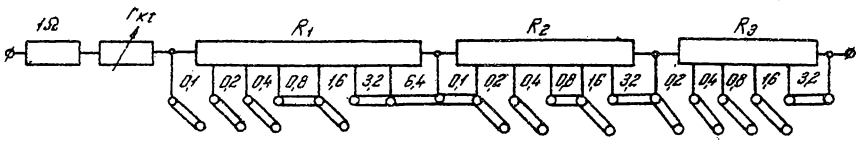


Fig.24
Reglarea treptelor de rezistenţă.

5.5.2. Calculul tensiunilor de alimentare (A,B)

Tensiunile de verificare a punctelor de trecere (basculare) corespunzătoare unor scurtcircuite bifazate se calculează cu relaţia:

$$U = 2\, k\varphi\ I_n \cdot X_{sec.}$$

în care $k\varphi$ este un coeficient ce ţine seama de unghiul de compensare al arcului (φ_k) şi de poziţia eclisei K.

φ	60^o	64^o	68^o	71^o	74^o	76^o	78^o	80^o
($K^{k\varphi}$=1,05)	1,86	1,77	1,69	1,63	1,58	1,54	1,51	1,47
($K^{k\varphi}$=2,1)	1,59	1,55	1,51	1,48	1,45	1,43	1,41	1,40

- Tensiunile de verificare a punctelor de trecere (basculare) corespunzătoare unor scurtcircuite monofazate se calculează cu relaţia:

$$U = k\varphi\ kq \cdot I_n \cdot X_{sec.}$$

în care K are aceeaşi valoare ca în cazul precedent, iar kq este coeficientul de corecţie la defectele cu pământul, prezentat în capitolul II, punctul 4 e.

Exemplu de calcul (continuare)

$U_1 = 2\, k\varphi\, I_n \cdot X_{1\ sec.} = 2 \cdot 1,47 \cdot 5 \cdot 1,57 = 23,1$ V
$U_2 = 2\, k\varphi\, I_n \cdot X_{2\ sec.} = 2 \cdot 1,47 \cdot 5 \cdot 2,61 = 38,4$ V
$U_3 = 2\, k\varphi\, I_n \cdot X_{3\ sec.} = 2 \cdot 1,47 \cdot 5 \cdot 4,04 = 59,5$ V
} scurtcircuite bifazate

$U_{1o} = k\varphi\ .kq.I_n.X_{1\ sec.} = 1,47 \cdot 1,75 \cdot 5 \cdot 1,57 = 20,2$ V
$U_{2o} = k\varphi\ .kq.I_n.X_{2\ sec.} = 1,47 \cdot 1,75 \cdot 5 \cdot 2,61 = 33,6$ V
$U_{3o} = k\varphi\ .kq.I_n.X_{3\ sec.} = 1,47 \cdot 1,75 \cdot 5 \cdot 4,04 = 52$ V
} scurtcircuite monofazate

5.5.3. Prelungirea treptei I (A,B)

După cum s-a arătat la calculul treptelor de impedanţă, din motive de selectivitate, prima treaptă a protecţiei de distanţă R3Z24-a poate cuprinde pînă la 90% din lungimea liniei protejate. Defectele din porţiunea de capăt(10%) vor fi separate doar în treapta a doua de timp. Avînd în vedere

că majoritatea defectelor sînt nepersistente(trecătoare), există posibilitatea de a corela protecţia de distanţă R3Z24-a cu dispozitivul RAR în aşa fel, încît înainte de RAR, treapta I să cuprindă întreaga linie(cu riscul unor declanşări neselective la defecte din linia următoare),iar după funcţionarea RAR, în cazul unor defecte persistente, în mod automat să se reducă treapta I la valoarea 9o% L, pentru a se asigura selectivitatea în declanşările definitive.

Pentru a se realiza considerentele de mai sus,releul de distanţă R3Z24-a include în blocurile de reglaj ale treptelor de impedanţă o rezistenţă reglabilă r_{kt}, care poate fi şuntată printr-un contact al releului intermediar U, excitat de către RAR.

In mod normal, cînd se funcţionează fără prelungirea treptei I, rezistenţa r_{kt} este şuntată (toate eclisele proprii de reglaj sînt închise) iar firul 3, care permite excitarea releului U, este pe poziţia "fără prelungirea treptei I" (figura 6b şi anexele 1 şi 3).

Pentru punerea în funcţiune a prelungirii treptei I se va trece firul 3 pe poziţia "cu prelungire treapta I " (figura 6a). Se calculează apoi treapta I prelungită, în mod similar cu exemplul precedent (poate cuprinde pînă la 12o% linia protejată).

$$X_1 = 21{,}6\,\Omega/f.$$

$$X_{1\ prel.} = 1{,}2 \cdot 21{,}6 = 26\ \Omega/f.$$

$$X_{1\ sec.prel.} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_{1\ prel.} = \frac{4oo/5}{11oooo/1oo} \cdot 26 = 1{,}89\,\Omega/f$$

$$r_{1prel.} = \frac{2 \cdot K}{C_1 \cdot C_3} \cdot X_{1\ sec.prel.} = \frac{2 \cdot 1{,}o5}{o{,}5 \cdot 2} \cdot 1{,}89 = 3{,}98\,\Omega$$

$$r_{kt} = r_{1\ prel.} - r_1 = r_{1\ prel.} - (1+R_1) = 3{,}98-(1+2{,}3) = o{,}68\,\Omega$$

Există posibilitatea să se regleze fie o,4 Ω , fie o,8 Ω . Se alege valoarea de o,4 Ω (se deschide eclisa r_{kt} = o,4). In consecinţă, înainte de RAR, protecţia de distanţă R3Z24-a va funcţiona cu prima treaptă extinsă,iar după funcţionarea RAR (în cazul defectelor persistente),sau în cazurile că RAR este anulat sau nu sînt îndeplinite condiţiile necesare RAR, prin excitarea releului intermediar U de către dispozitivul RAR, rezistenţa r_{kt} este şuntată şi, în mod automat, prima treaptă se scurtează la valoarea reglată prin r_1 (9o% din linie).

Tensiunile de alimentare pentru punctul de comutare de la capătul treptei I prelungite se determină în mod similar cu cele ale treptelor normale.

$$U_{1o\ prel.} = k_\varphi \cdot k_q \cdot I_n \cdot X_{1\ sec.prel.} =$$

$$= 1{,}47 \cdot 1{,}75 \cdot 5 \cdot 1{,}89 = 24{,}3\ V.$$

5.5.4. Stabilirea particularităţilor în funcţionarea protecţiei (A,B)

- Eclisele C_1 trebuie să corespundă valorii alese la calculul rezistenţelor de reglaj.
- Eclisa dublă 1 trebuie să corespundă schemei releelor de legare a "stelei" reductoarelor de curent, spre bare sau spre linie (fig.2).
- Se stabileşte dacă se compensează sau nu rezistenţa de arc, respectiv felul compensării. Eclisa "cu" sau "fără compensare" 2 va trebui pusă pe poziţia corespunzătoare alegerii făcute (fig. 3).
- Eclisa dublă K trebuie să corespundă compensării de arc alese şi formulei de calcul a rezistenţelor de reglaj (fig.4).
- Se stabileşte poziţia eclisei unghiului de compensare $\Delta \varphi_k$, după unghiul de scurtcircuit al liniei (fig. 5).
- Se stabileşte dacă se va funcţiona sau nu cu prelungirea treptei I înainte de RAR. Firul corespunzător de conectare a releului U va sta conform figurii 6, pe poziţia aleasă. (Cînd nu se va funcţiona cu prelungirea treptei I, eclisele rezistenţei r_{kt} vor trebui toate închise).
- Se stabileşte dacă protecţia va demara sau nu la simpla prezenţă a curentului homopolar. Eclisa corespunzătoare 4 va trebui să corespundă ca poziţie variantei alese (fig.8).
- Se stabileşte varianta de transmitere a impulsurilor de declangare şi se fixează corespunzător eclisa 5 (fig.9).
- Se stabileşte dacă prima treaptă a protecţiei va fi instantanee sau temporizată şi se fixează eclisa corespunzătoare 6 pe poziţia aleasă (fig.lo).
- Se stabilesc temporizările treptelor a II-a, a III-a, a IV-a şi a V-a.
- Se stabileşte dacă protecţia va funcţiona cu sau fără blocaj la pendulaţii şi se fixează eclisa 7 corespunzătoare variantei alese (fig. 11).
- Se stabileşte dacă semnalizarea elementului de timp a protecţiei va include sau nu şi timpul propriu de deschidere a întrerupătorului şi se fixează eclisa 8, corespunzătoare variantei alese (fig.12).
- Se fixează poziţia eclisei laterale multiple din caseta elementelor de comutare pe poziţia de funcţionare (normal poziţia A).
- Se stabileşte factorul de corecţie la defecte cu pămîntul şi se reglează corespunzător priza transformatorului din cutia cu rezistenţe (şunt).

5.6. Verificarea elementelor de demaraj la supracurent(A,B)

Elementele de demaraj la supracurent $J_R >$; $J_S >$;

$J_{R>}$; $J_{M>}$ sînt relee maximale de curent şi se verifică din punct de vedere al acţionării şi al revenirii.

Se foloseşte un montaj de curent variabil şi un ampermetru de clasa 1 (fig. 25).

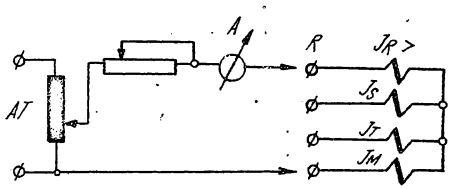


Fig. 25
Montaj pentru verificarea elementului de demaraj la supracurent.

Rezultatele măsurătorilor se sistematizează ca în tabelul 2.

Tabelul 2

I_p					
I_r					
K_{rev}					

Observaţie: La punerea în funcţiune se verifică întreaga scală a releelor iar la reviziile periodice se verifică numai punctul de funcţionare.

5.7. Verificarea elementelor de demaraj la minimă impedanţă (R3Z3-u) (A,B)

La punerea în funcţiune a protecţiei, se ridică caracteristicile de demaraj pentru fiecare poziţie a eclisei de reglaj (1,2/2,7; 1,5/3,3; 2/4,2; 3,o/6,o x I_n) şi pentru trei unghiuri de defazaj între curent şi tensiune $\varphi = 0^o$; $9o^o$ ($8o^o$); $18o^o$, prin trei puncte ($U = U_n$, $U = o,5\ U_n$ şi $U = 0$).

La reviziile periodice, se ridică numai curba pentru poziţia de funcţionare a eclisei de reglaj şi pentru $\varphi = 0^o$, prin trei puncte ($U = U_n$; $U = o,5\ U_n$; $U = 0$). Valorile obţinute se compară cu valorile caracteristicilor ridicate la punerea în funcţiune.

Se foloseşte montajul de verificare din figura 26.

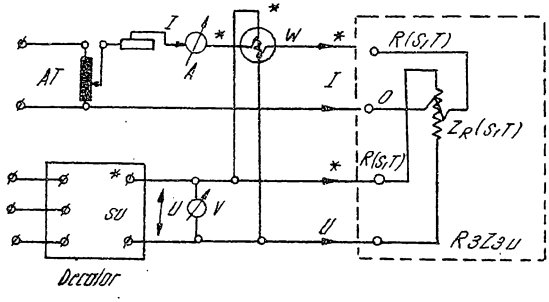


Fig. 26
Montaj pentru verificarea elementului de minimă impedanţă.

Rezultatele măsurătorilor se sistematizează în cîte un tabel de forma tabelului 3.

Tabelul 3

Plot	1,2/2,7 x I_n						1,5/3,3 x I_n						2/4,2 x I_n						3/6 x I_n					
φ°	0°			90°			0°			90°			0°			90°			0°			90°		
U [V]	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50
I pornire																								
I revenire																								
K revenire																								

Pe baza tabelelor întocmite (cîte unul pentru fiecare fază) se ridică caracteristicile de demaraj, care trebuie să aibă alura celor din figura 15 a, b şi c.

Observaţie: Verificările se execută simulînd scurtcircuite monofazate, deci I_{Ro} şi U_{Ro} ; I_{So} şi U_{So} ; I_{To} şi U_{To}.

5.8. Verificarea elementelor direcţionale

5.8.1. Determinarea zonei de lucru

- Se face la punerea în funcţiune a protecţiei.
- Se realizează montajul din figura 27.

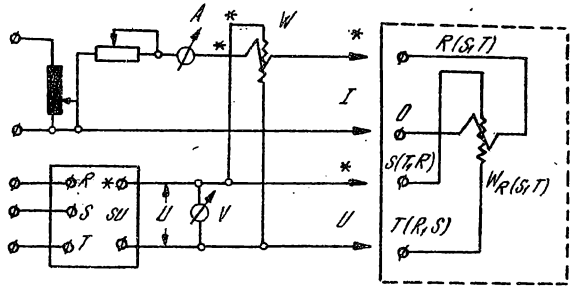


Fig. 27
Montaj pentru verificarea elementului direcţional.

- Se stabileşte un curent prin elementul direcţional studiat şi se determină poziţia vectorului curent în raport cu tensiunile de alimentare ale decalorului (fig.28).

Tabelul 4

	U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}
α_W	+a	+b	-c

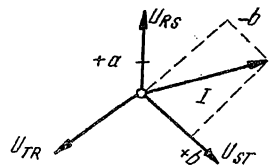


Fig. 28

- Se alimentează releul cu o tensiune cu defazaj variabil $0 \div 360^0$, păstrînd neschimbat curentul. Se notează poziţia contactului elementului direcţional pentru diferite unghiuri de defazaj între tensiune şi curent (din 30 în 30^0). Rezultatele măsurătorilor se sistematizează într-un tabel (tabelul 5), iar pe baza lor se ridică zona de lucru a direcţionalului.

Tabelul 5

φ	0^0	30^0	60^0	90^0	120^0	150^0	180^0	210^0	240^0	270^0	300^0	330^0	360^0
R	dr	st	st	st	st	st	st	dr	dr	dr	dr	dr	dr
S													
T													

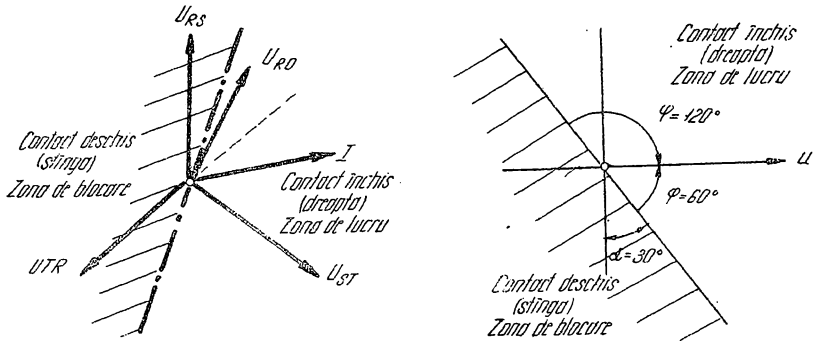


Fig. 29
Determinarea zonei de lucru a elementului direcţional.

5.8.2. Determinarea puterii minime de acţionare (A,B)

Se execută atît la punere în funcţiune, cît şi la verificările periodice, pentru unghiul sursei φ sursă = 0^0

Folosind montajul de la determinarea zonei de lucru (sau folosind o trusă RD7) se alimentează înfăşurarea de curent a elementului direcţional, cu un curent constant, iar înfăşurarea de tensiune cu o tensiune crescătoare (de la zero pînă în momentul acţionării).

$$P_{min.} = U. I. \qquad [V. A.]$$

5.9. Verificarea elementului de timp (A,B)

La punere în funcţiune se verifică întreaga scală a elementului de timp, iar la verificările periodice numai punctele de funcţionare.

Măsurătoarea se execută cu ajutorul unui cronometru electric, verificat de către metrologie. Verificarea scalei elementului de timp se recomandă a se efectua numai pentru treapta a V-a (trecînd celelalte cursoare pe poziţia 0). Se recomandă, de asemenea, ca verificarea punctelor de funcţionare (reglajele celor cinci trepte), să se efectueze simultan cu ridicarea caracteristicii în trepte (vezi punctul 5.1o), cu ajutorul unui montaj ca cel redat în figura 3o.

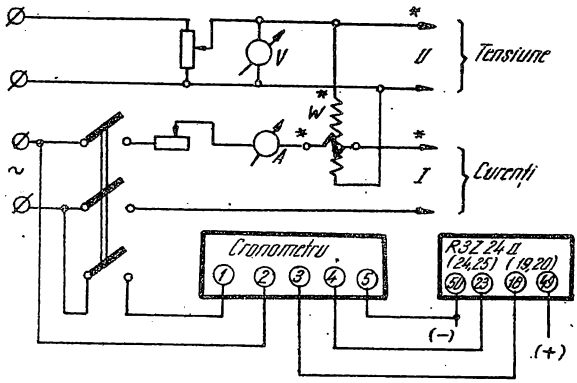


Fig. 30
Montaj pentru verificarea elementului de timp.

Pentru fiecare valoare de timp verificată se vor determina trei valori experimentale şi apoi se va face media lor aritmetică. Nici una dintre valorile determinate experimental nu trebuie să difere faţă de valoarea teoretică fixată, cu mai mult de ± 5%.

Rezultatele experimentărilor se sistematizează într-un tabel de forma tabelului 6.

Tabelul 6

$t_{scală}$								
$t_{exp.}$								
$t_{med.}$								

Observaţie : Verificarea tensiunii minime de acţionare se execută simultan cu a celorlalte elemente şi în aceleaşi condiţii (subcapitolul 5.12.5).

5.1o. Ridicarea caracteristicii în trepte (A,B)

Pe baza reglajelor şi a tensiunii de alimentare calculate anterior (subcapitolele 5.5.1., 5.5.2 şi 5.5.3) se verifică experimental caracteristica de acţionare în trepte a protecţiei de distanţă R3Z24-a.

Se utilizează un montaj de curent şi o tensiune reglabilă, avînd $\varphi_{sursă} = 0^0$, ca cel reprezentat în figura 31.

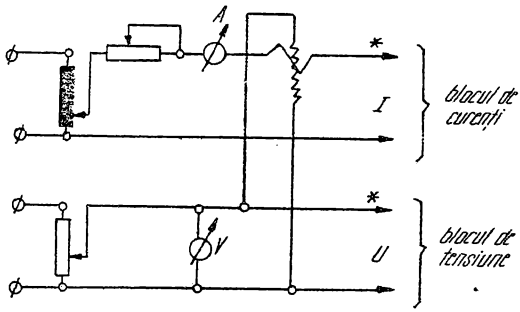


Fig. 31
Montaj pentru ridicarea caracteristicii în trepte.

5.1o.1. Scurtcircuite bifazate (A,B)

- Se fixează la blocurile protecţiei tensiunea, respectiv curentul corespunzător unui scurtcircuit bifazat (R-S; S-T sau T-R), resprectînd polarităţile corespunzătoare ţ sursă = 0^o.
- Se fixează $I = I_n$.
- Pentru U = 0 se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_1).
- Pentru $U = U_1$ se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_1).
- Pentru $U = U_1 + \Delta U$ se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_2).
- Pentru $U = U_2$ se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_2).
- Pentru $U = U_2 + \Delta U$, se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_3).
- Pentru $U = U_3$ se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_3).
- Pentru $U = U_3 + \Delta U$ se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_4).

Obaervaţii: - In stabilirea treptei ΔU se va ţine seama de precizia de măsurare a protecţiei, care este de ± 5%; deci $U = \pm$ o,o5 U. Rezultatele experimentale se sistematizează într-un tabel de forma tabelului 7.

Tabelul 7

U	0 U_1	$U_1 + \Delta U$ U_2	$U_2 + \Delta U$ U_3	$U_3 + \Delta U$
t	t_1 t_1	t_2 t_2	t_3 t_3	t_4

Pentru celelalte două scurtcircuite bifazate se determină de asemenea caracteristicile de acţionare în mod absolut identic.

5.1o.2. Scurtcircuite monofazate (A,B)

In mod similar cu scurtcircuitele bifazate se determină caracteristicîle de acţionare în trepte pentru scurtcircuitele monofazate, cu deosebire că se alimentează blocurile de curent, respectiv de tensiune, corespunzător scurtcircuitului monofazat simulat (R-O, S-O sau T-O)şi că tensiunile de alimentare sînt cele calculate pentru scurtcircuite monofazate.

5.1o.3. Verificarea treptei I prelungite

In timpul determinării treptelor de acţionare ale protecţiei, rezistenţa r_{kt} se va menţine şuntată, prin închiderea ecliselor proprii.

Dacă se funcţionează cu treapta I prelungită înainte de RAR, este necesară verificarea acţionării iniţiale a protecţiei în treapta I prelungită şi scurtarea automată la a doua acţionare. In acest sens, se consideră suficientă verificarea pentru o singură fază (scurtcircuit monofazat).

- Se reglează r_{kt} conform rezultatelor din calcul.
- Se fixează curentul corespunzător fazei şi tipului de defect ales (de ex. $I_{Re} = I_n$).
- Se fixează tensiunea corespunzătoare (U_{Re}) la valoarea calculată ($U = U_{1o\ prel.}$) şi se determină treapta de timp în care acţionează protecţia (trebuie să fie t_1).
- Pentru $U = U_{1o\ prel.} + \Delta U$ se determină timpul de acţionare al protecţiei (trebuie să fie t_2).
- Pentru $U = U_{1o\ prel.}$ şi după ce se excită printr-un mijloc oarecare releul intermediar U se determină timpul de acţionare a protecţiei (trebuie să fie t_2).

Rezultatele se sistematizează într-un tabel de forma tabelului 8.

Tabelul 8

U	0	U_{1o}	$U_{1o} + \Delta U$	$U_{1o\ pr.}$	$U_{1o\ pr} + \Delta U$
t înainte RAR	t_1	-	-	t_1	t_2
t după RAR	t_1	t_1	t_2	t_2	-

Menţiune: Ridicarea caracteristicilor de acţionare în trepte, inclusiv a prelungirii treptei I, se execută atît la punerea în funcţiune, cît şi la reviziile periodice.

5.11. Verificarea elementelor de impedanţă mixtă

5.11.1. La punerea în funcţiune a protecţiei

Se ridică cercul de impedanţă pentru un unghi de compensare a arcului, arbitrar ales (de exemplu $\varphi_k = 80^o$). Se foloseşte montajul prezentat în figura 28. Cercul de impedanţă se ridică pentru fiecare fază în parte (deci scurtcircuite monofazate), prin determinarea a patru puncte de trecere din treapta I în treapta a II-a şi anume pentru φ sursă = 0, 80, 180 şi 260° şi k = 1,05 şi 2,1.

Rezultatele se sistematizează într-un tabel de forma tabelului 9.

Tabelul 9

φ	0^o		80^o		180^o		260^o	
U								
t	t_1	t_2	t_1	t_2	t_1	t_2	t_1	t_2

Pe baza rezultatelor se ridică cercul de impedanţă care trebuie să aibă alura din figura 20 b, respectiv 20 c, în funcţie de tipul compensării stabilite.

5.11.2. La reviziile periodice (B)

Dacă protecţia funcţionează cu compensarea rezistenţei de arc, se va verifica garnitura de impedanţă mixtă numai pentru punctul corespunzător φ sursă = 180° şi se va compara rezultatul cu caracteristica circulară ridicată la punerea în funcţiune.

5.12. Verificările de acţionare ale releului (A,B)

La punerea în funcţiune se verifică toate posibilităţile de acţionare ale releului. In cadrul reviziilor periodice se verifică numai poziţiile de funcţionare fixate la releu în schema normală.

5.12.1. Verificarea transmiterii impulsurilor de demaraj şi de declanşare(A,B)

- cu ocazia verificărilor elementelor de demaraj (la minimă impedanţă şi supracurent) se urmăreşte şi transmiterea impulsurilor la elementele intermediare,precum şi funcţionarea corectă a clapetelor de semnalizare.
- pe baza caracteristicii în trepte, se verifică transmiterea impulsurilor de declanşare în funcţie de poziţia eclisei de declanşare trifazată 5 (pentru fiecare poziţie în parte la punerea în funcţiune, numai pentru poziţia de funcţionare la revizii periodice). Se foloseşte

același montaj ca la determinarea caracteristicii în trepte.

Observație: - Declanșările în treapta a V-a nedirecționată sînt exclusiv trifazate și nu depind de poziția eclisei 5.

5.12.2. Demarajul protecției prin curent homopolar (A,B)

- la punerea în funcțiune, se verifică cele două poziții ale eclisei "cu" sau "fără" demaraj, prin curent homopolar alimentînd protecția între o fază (de exemplu R) și nul, care să fie superior reglajului elementului $J_M >$ dar inferior reglajului elementului ($J_R >$).

- la revizii periodice se verifică numai poziția de funcționare a eclisei.

5.12.3. Temporizarea treptei I de impedanță (A,B)

Eclisa "cu" sau "fără" temporizarea treptei I permite funcționarea protecției în această treaptă, fie instantaneu (fără), fie cu o temporizare la alegere (cu).

La punerea în funcțiune se verifică ambele posibilități, la revizii periodice numai poziția de lucru. Se folosesc montajul și mărimile de alimentare (U, I) de la verificarea treptei I de impedanță.

5.12.4. Inregistrarea timpului propriu de declanșare a întrerupătorului (A,B)

După cum s-a precizat, timpul înregistrat de către stegulețul protecției poate include sau nu timpul propriu de deschidere a întrerupătorului. In cazul stabilirii eclisei 8 pe poziția "fără", stegulețul elementului de timp se va opri în momentul excitării unuia dintre releele finale (F, G, H) care transmit impulsurile de declanșare a întrerupătorului. Dacă însă eclisa 8 se stabilește pe poziția "cu" înregistrarea timpului de declanșare a întrerupătorului, atunci stegulețul elementului de timp va continua să se deplaseze și după excitarea releelor F,G,H,pînă în momentul întreruperii demarajului protecției. Pentru verificare se folosește același montaj ca la punctul precedent (5.12.3).

La punerea în funcțiune se verifică ambele poziții ale eclisei iar la reviziile periodice numai poziția de lucru.

5.12.5. Tensiunea minimă de acționare a elementelor intermediare (A,B)

Pentru a garanta funcționarea protecției și în condițiile unor tensiuni reduse ale sursei de curent continuu, este necesară verificarea tensiunii minime de acționare a elementelor intermediare și de acționare ale acesteia.

Verificarea este necesară atît la punerea în funcțiune a protecției, cît și la reviziile periodice și se face cu ajutorul unui montaj potențiometric de curent continuu, ca în figura 32.

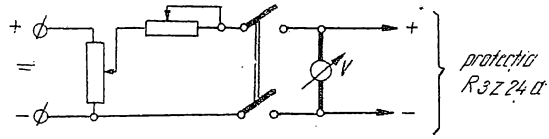


Fig. 32
Montaj pentru determinarea tensiunii minime de acţionare.

Elementele protecţiei (demaraj, temporizare,declangare) trebuie să lucreze sigur şi corect, chiar la o tensiune de 75% din U_n (o,75 U_n).

5.12.6 Verificarea blocajului la pendulaţii (A,B)

Blocajul la pendulaţii se verifică obligatoriu la punerea în funcţiune a protecţiei; la reviziile periodice,verificarea se efectuează numai dacă eclisa corespunzătoare 7 este pe poziţia "cu". Verificările constau în evidenţierea acţionării releului T_p cu temporizare la închidere, a releului P, cu temporizare la deschidere, şi a întreruperii impulsului de declangare în treapta I de către releul P. La punerea în funcţiune se recomandă, fără a fi o probă obligatorie, măsurarea temporizărilor releelor T_p şi P,prin oscilografiere.

Se foloseşte montajul de verificare indicat în figura 33.

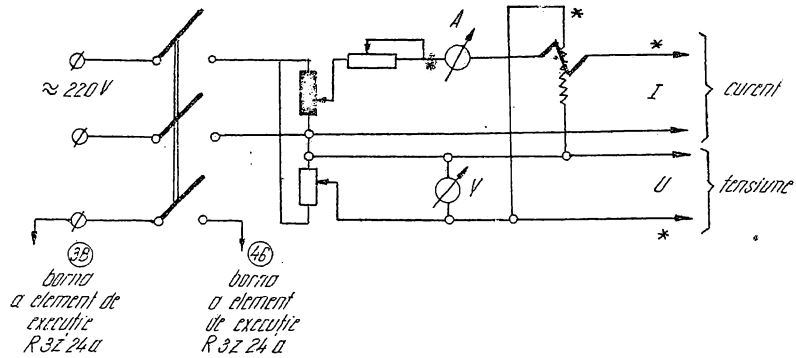


Fig. 33
Montaj pentru verificarea blocajului la pendulaţii.

5.12.6.1. Temporizarea la închidere a releului T_p

Cu montajul din figura 33 se stabilesc condiţiile de lucru ale protecţiei R3Z24-a în prima treaptă de impedanţă fără a racorda heblul la bornele 38 şi 46 ale casetei elementelor de execuţie R3Z24-a.

Se racordează apoi bornele 38 şi 46 (heblul este scos) şi se fixează eclisa 7 pe poziţia "cu blocaj la pendulaţii". Se introduce heblul trifazic, protecţia R3Z24-a trebuind să lucreze în treapta I, deoarece prin borna 38 se ia un (+) după elementele de demaraj şi datorită acţionării temporizate a releului T_p, blocajul la pendulaţii nu va reuşi să intre în funcţiune înaintea acţionării protecţiei.

Se scoate heblul, se scoate firul de la borna 38 şi se leagă la un (+) direct.

Dacă din nou se introduce heblul trifazat, polaritatea (+) se transmite bornei 46 concomitent cu demarajul protecţiei, blocajul la pendulaţii va intra în funcţiune şi protecţia va acţiona numai în treapta a II-a.

Comutînd eclisa 7 pe poziţia "fără blocaj la pendulaţii" şi repetînd operaţia de mai sus, protecţia R3Z24-a, va acţiona numai în treapta I.

5.12.6.2. Temporizarea la revenire a releului P

Se poate constata vizual în momentul deschiderii heblului din montajul precedent (fig. 33).

5.13. Verificarea elementelor anexe (A,B)

Protecţia R3Z24-a cu demaraj la minimă impedanţă R3Z3-u poate acţiona greşit în cazul unor întreruperi în circuitele de tensiune alternativă. Pentru a preveni astfel de situaţii, fabrica constructoare recomandă folosirea unor blocaje de acţionare a protecţiei.

Eficienţa blocajului protecţiei R3Z24-a la întreruperi ale circuitelor de tensiune alternativă trebuie verificată atît la punerea în funcţiune, cît şi la reviziile periodice. Verificările vor fi în funcţie de tipul blocajului realizat.

5.14. Interacţionări ale protecţiei cu întrerupătorul de linie şi cu dispozitivul RAR (A,B)

După efectuarea integrală a verificărilor protecţiei R3Z24-a propriu-zise, sînt necesare probe de interacţionare a protecţiei cu întreruptorul de linie şi cu dispozitivul RAR, în vederea garantării executării funcţiunilor protecţiei pînă la capăt.

Aceste probe sînt absolut necesare, atît la punerea în funcţiune cît şi la reviziile periodice. Se va avea însă

grijă ca să se efectueze numai acţionările strict necesare, pentru a nu solicita inutil întrerupătorul.

Folosind montajul de la ridicarea caracteristicii în trepte, se va transmite cîte un impuls de declanşare fiecărei faze a întrerupătorului (dacă acţionarea este exclusiv trifazată un singur impuls), respectiv cîte un singur impuls RAR.

Cu ocazia impulsului RAR se va măsura impulsul de excitare al releului U (anularea prelungirii treptei I după RAR) - la borna 23 a casetei elementelor de măsură R3Z24-a.

In final, folosind trusa de curent primar, se va provoca declanşarea întrerupătorului prin treapta a V-a a protecţiei R3Z24-a (nedirecţionată trifazată).

5.15. Verificarea închiderii circuitelor secundare ale reductoarelor de curent(A,B)

Integritatea circuitelor secundare ale reductoarelor de curent constituie o problemă deosebit de riguroasă, motiv pentru care verificarea acestei integrităţi este obligatorie, atît la punerea în funcţiune, cît şi la reviziile periodice.

Se execută cu ajutorul trusei de curent primar, pentru fiecare fază în parte, şi se măsoară curenţii secundari pe fază şi pe nul, pentru toate înfăşurările secundare ale reductoarelor de curent din celula de linie respectivă.

5.16. Pregătirea protecţiei pentru funcţionare (A,B)

După terminarea verificărilor protecţiei R3Z24-a, sau a oricărei alte protecţii, personalului PRAM care a efectuat verificările îi revine sarcina de a trece încă o dată în revistă toate elementele protecţiei şi de a preda protecţia personalului de exploatare, dînd totodată explicaţii clare şi detaliate asupra comportării şi asupra modului de exploatare a acesteia. In acest scop, se vor urmări următoarele:

- Se confruntă încă o dată reglajele impuse prin planurile de reglaje, cu reglajele stabilite la relee;
- Se confruntă poziţiile tuturor ecliselor interioare cu particularităţile stabilite pentru funcţionarea de viitor a protecţiei;
- Se verifică încă o dată toate legăturile de borne sau prin cleme;
- Se sigilează capacele releelor;
- Se anulează toate semnalizările protecţiei;
- Se controlează prezenţa tensiunii continue la protecţie, prezenţa tensiunilor alternative, corectitudinea polarităţilor şi calibrarea siguranţelor fuzibile;
- Se conectează dispozitivul DD aferent protecţiei.

Această trecere în revistă este indiscutabil obligatoriu necesară, atît la punerea în funcţiune, cît şi după reviziile periodice.

5.17. Ridicarea diagramei vectoriale a curenţilor (wattmetrică) în sarcină

Este ultima verificare şi se efectuează la punerea în funcţiune a protecţiei sau ori de cîte ori se lucrează în circuitele secundare ale reductoarelor de curent (sau de tensiune) care afectează protecţia.

Se utilizează un montaj de tipul celui din figura 34.

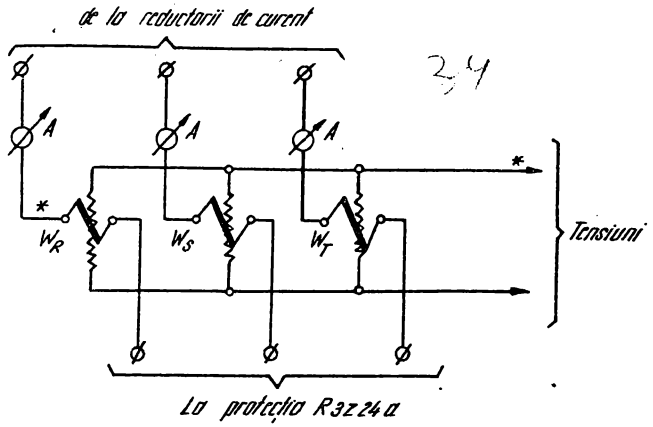


Fig. 34

Montaj pentru ridicarea diagramei wattmetrice.

Se scoate protecţia din funcţiune prin dispozitivul DD aferent (pentru a nu produce declanşări eronate) şi se efectuează măsurătorile. Rezultatele se sistematizează într-un tabel de forma celui de mai jos. Totodată, se citesc indicaţiile aparatelor de măsură de pe panoul de comandă (wattmetru şi varmetru).

Tabelul lo

	U_{R-S}	U_{S-T}	U_{T-R}	I
φ R				
φ S				
φ T				

Pe baza rezultatelor, se ridică diagrama vectorială a curenţilor, care, în funcţie de circulaţia puterilor pe linie, va atesta corectitudinea sau incorectitudinea racordării protecţiei (fig. 35).

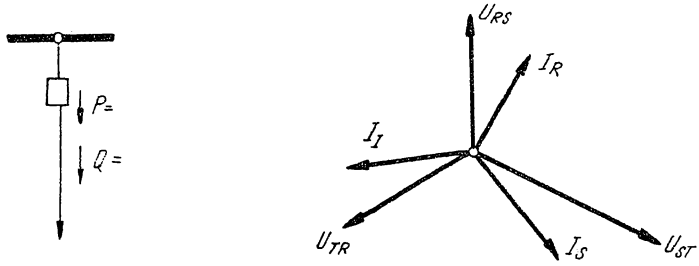


Fig. 35
Diagrama wattmetrică.

5.18. Intocmirea buletinelor de verificare

După obţinerea rezultatelor tuturor verificărilor protecţiei R3Z24-a, indicate în tabelul 1 (capitolul 5), se completează buletinul de verificare arătat în anexa lo , conform celor expuse la subcapitolul 9.3.

6. FORMATIA DE LUCRU SI TIMPII DE EXECUTIE, NECESARI VERIFICARILOR

Verificările protecţiei de distanţă R3Z24-a se execută de către o echipă condusă de un cadru tehnic cu pregătire profesională corespunzătoare (studii tehnice de specialitate, cunoaşterea instalaţiilor, experienţă în verificări de circuite secundare etc.); echipa va fi formată din doi sau trei electricieni specializaţi în lucrări de protecţii prin relee şi automatizări.

Se recomandă ca verificările de punere în funcţiune a protecţiei R3Z24-a, care implică un volum mai mare de muncă, să fie executate de către două echipe:

- o echipă, formată dintr-un şef de echipă şi doi electricieni, va verifica circuitele de ansamblu ale protecţiei;
- o altă echipă, formată dintr-un şef de echipă şi doi electricieni, va executa verificările strîns legate de panoul de protecţie.

O astfel de organizare a verificărilor permite reducerea timpului total de punere în funcţiune, prin distribuirea operaţiilor pe cele două echipe.

Timpii de lucru orientativi pentru fiecare operaţie în parte, corespunzător pretenţiilor lucrărilor de punere în funcţiune sau verificărilor planificate, sînt cuprinşi în anexa 8.

7. APARATAJE, SCULE SI MATERIALE NECESARE VERIFICARILOR

Pentru executarea optimă a lucrărilor de verificare este necesară dotarea prealabilă a echipei cu toate aparatajele, sculele şi materialele necesare.

Anexa 9 înglobează necesarul de aparate, scule, materiale implicate de o verificare completă a protecţiei de distanţă R3Z24-a (la punere în funcţiune).

Transportul aparatelor se face cu ajutorul unei lăzi prevăzute cu perne amortizoare .

8. NORME SPECIFICE DE PROTECTIE A MUNCII

Dat fiind faptul că protecţia de distanţă R3Z24-a se aplică liniilor de înaltă tensiune (220 kV) ce constituie elemente foarte importante ale sistemului energetic naţional, verificările acestei protecţii se vor executa numai cu scoaterea de sub tensiune a celulei de linie respective. In acest sens, se vor respecta întocmai „Normele de protecţie a muncii pentru instalaţiile electrice" aprobate prin ordinul M.E.E. nr.355/1968 (Cap. 1,2,3,5,6,9,14,15,16).

In conformitate cu normele generale de protecţie a muncii se vor mai respecta următoarele prevederi specifice verificărilor de circuite secundare (protecţie, automatizare, măsurători):

- Celula de linie la care se lucrează va fi încadrată cu scurtcircuitoare din toate părţile din care ar putea apărea tensiunea accidentală.
- Personalul din echipa de verificări poate acţiona numai întrerupătorul celulei. Manevrarea separatoarelor, montarea şi demontarea scurtcircuitoarelor se execută în exclusivitate de către personalul de exploatare (tură).
- Pentru evitarea apariţiei unei tensiuni inverse, se vor scoate siguranţele circuitelor secundare ale transformatorului (transformatoarelor) de tensiune aferente liniei respective.
- Transformatoarele de măsură (curent, tensiune) vor avea în permanenţă legate la pămînt cîte o bornă a înfăşurărilor secundare. Excepţie fac numai cazurile de măsurare a rezistenţelor de izolaţie pe durata cărora este necesară deconectarea legăturii de pămînt şi care presupun scoaterea prealabilă de sub tensiune a părţilor primare.

- Toate carcasele metalice ale aparatajelor din montajele de verificare vor fi legate la pămînt. Alimentările montajelor se vor face prin hebluri cu deschidere vizibile şi prin siguranţe de protecţie.
- Se vor folosi numai scule cu mînere izolate.

9. ORGANIZAREA LUCRARILOR

Verificările implicate de punerea în funcţiune a protecţiei R3Z24-a şi de reviziile planificate sau accidentale (verificări periodice) sînt ample şi pretenţioase. Pentru a se putea efectua la un nivel calitativ superior şi pentru ca productivitatea muncii să fie ridicată, sînt necesare:

- o temeinică cunoaştere a protecţiei R3Z24-a;
- o temeinică însuşire a metodicii de verificare;
- pregătirea atentă şi din timp a lucrărilor;
- organizarea judicioasă a lucrărilor propriu-zise şi utilizarea cu maximum de eficacitate a timpului de lucru.

Pentru cunoaşterea protecţiei R3Z24-a, pe lîngă elementele cuprinse în prezenta instrucţiune se mai recomandă studierea prospectului fabricii constructoare.

Pentru însuşirea metodicii de verificare, prezenta instrucţiune cuprinde detaliat toate elementele de bază necesare.

Referitor la organizarea lucrărilor propriu-zise, se impun următoarele precizări:

9.1. Pregătirea lucrărilor

9.1.1. Cererea de scoatere a celulei de sub tensiune

Deoarece protecţia de distanţă R3Z24-a implică un număr mare de verificări şi interacţionări şi deoarece această protecţie se aplică unor circuite foarte importante (linii de 22o kV), pentru a evita transmiterea unor comenzi greşite şi pentru a asigura securitatea deplină a personalului de verificare, protecţia de distanţă R3Z24-a se va verifica numai cu celula de linie aferentă scoasă de sub tensiune. Excepţie face ridicarea diagramei vectoriale a curenţilor (wattmetrică) în sarcină.

In acest scop, este necesară lansarea prealabilă a unei cereri de scoatere a celulei de sub tensiune (pentru verificările periodice).

9.1.2. Formarea echipei şi punerea în temă asupra lucrărilor planificate

O dată cu lansarea cererii de decuplare se va numi şi echipa care va executa verificările (vezi şi capitolul 4). Echipa va fi încunoştinţată asupra staţiei, a celulei şi a datei verificărilor, precum şi asupra caracterului acestor verificări.

9.1.3. Pregătirea aparatajului, a sculelor şi a materialelor necesare verificării

Cunoscînd tipul şi gradul de complexitate al verificărilor ce trebuie efectuate, membrii echipei vor pregăti aparatajul, sculele şi materialele necesare verificărilor (conform capitolului 5 şi anexei 9).

9.2. Executarea verificărilor

De organizarea judicioasă a lucrărilor de verificare propriu-zise depind calitatea acestora, productivitatea muncii şi securitatea personalului echipei. In principiu, trebuie avute în vedere următoarele:

- Indeplinirea atentă, corectă şi completă a formalităţilor de admitere a echipei la lucrări. Cu această ocazie se instruieşte echipa asupra normelor de protecţie a muncii ce trebuie respectate, prezentîndu-se zona de lucru.

Observaţie. Cu ocazia instructajului de admitere la lucru se vor examina membrii echipei din punct de vedere al cunoştinţelor profesionale legate de lucrările ce urmează a se executa.

- Repartizarea concretă a sarcinilor, pe fiecare membru al echipei.
- Pregătirea prealabilă a montajelor de verificare.
- După realizarea unui montaj de verificare, se vor efectua toate verificările care implică acest montaj şi ulterior se va trece la alt montaj.
- Toate verificările (fără excepţie) se vor executa pe baza schemelor desfăşurate. In consecinţă, echipa va trebui să posede documentaţia tehnică necesară.

9.3. Incheierea lucrărilor

După efectuarea tuturor verificărilor, personalului echipei de verificare îi revine sarcina de a încheia lucrările şi de a preda personalului de exploatare protecţia verificată. In principiu, se vor respecta următoarele:

- Se curăţă locul de muncă, se strîng toate aparatele, sculele şi materialele folosite.

- Se verifică încă o dată toate legăturile de borne sau în cleme.

- Se confruntă încă o dată reglajele realizate cu reglajele impuse prin planurile de reglaje.

- Se confruntă poziţiile tuturor ecliselor interioare cu particularităţile de funcţionare pe viitor a protecţiei.

- Se sigilează toate capacele releelor.

- Se anulează toate semnalizările protecţiei.

- Se controlează prezenţa tensiunii continue la protecţie (inclusiv corectitudinea polarităţilor), se controlează prezenţa tensiunilor alternative (inclusiv succesiunea corectă a fazelor) precum şi calibrarea siguranţelor fuzibile.

- Se conectează dispozitivul DD aferent protecţiei.

- Se predă locul de muncă personalului de exploatare, dîndu-se toate indicaţiile necesare (eventual printr-o dispoziţie scrisă) privind rezultatele verificărilor şi, în special, privind modul de exploatare corectă a protecţiei R3Z24-a.

- Se consemnează în autorizaţia de lucru terminarea lucrărilor.

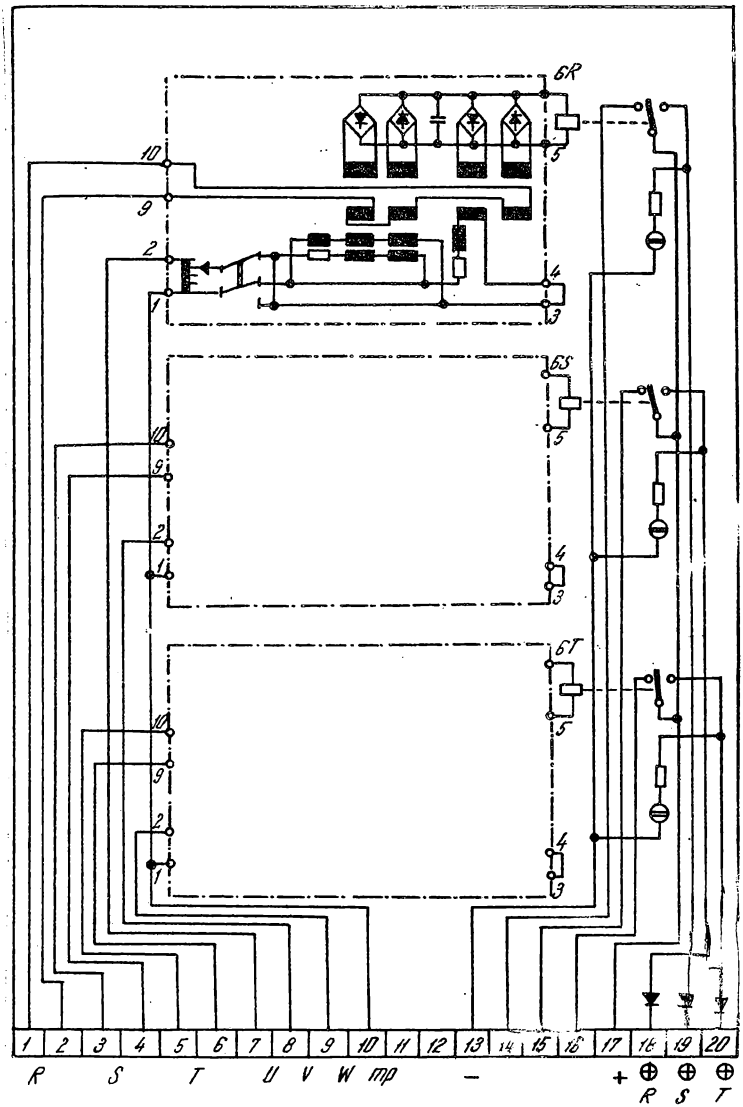
Pentru verificările efectuate, personalul PRAM va întocmi un buletin de verificare care va certifica calitativ şi cantitativ probele efectuate, inclusiv concluzia privind funcţionarea pe viitor a protecţiei.

Buletinul de verificare se întocmeşte în cel puţin două exemplare, astfel încît un exemplar (originalul)va fi înmînat beneficiarului, iar un alt exemplar (copia) va rămîne la emitent. Acest buletin va avea un număr de înregistrare şi va cuprinde data întocmirii, semnătura persoanei ce a efectuat verificările şi semnătura unei persoane de control.

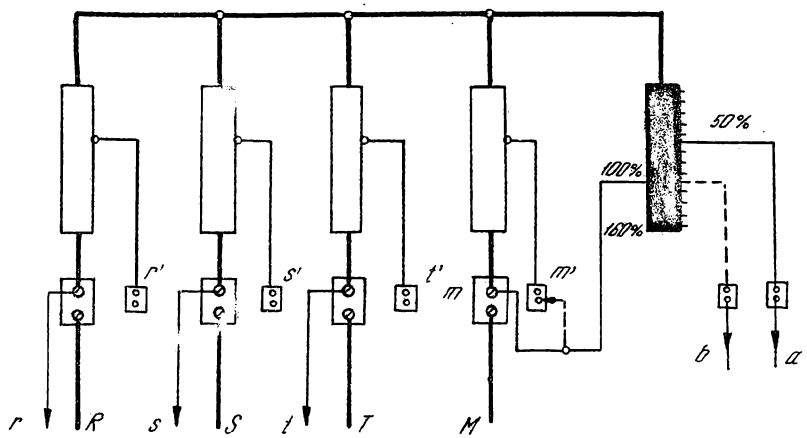
Pentru uniformizarea buletinelor de verificare, prezentelor instrucţiuni li se anexează un concept de buletin (anexa 1o) care include probele complete (punerea în funcţiune). Buletinul poate fi însă completat şi pentru verificările periodice (în cadrul cărora numărul de probe şi complexitatea lor sînt mai reduse); în acest caz se vor completa numai rubricile corespunzătoare probelor obligatorii la verificări periodice, restul rubricilor rămînînd libere.

Indicii din dreptul fiecărei probe au aceeaşi semnificaţie cu cei din tabelul 1, adică:

A - probe obligatorii la punerea în funcţiune;
B - probe obligatorii la verificări periodice;
C - probe ce se efectuează după reparaţii.

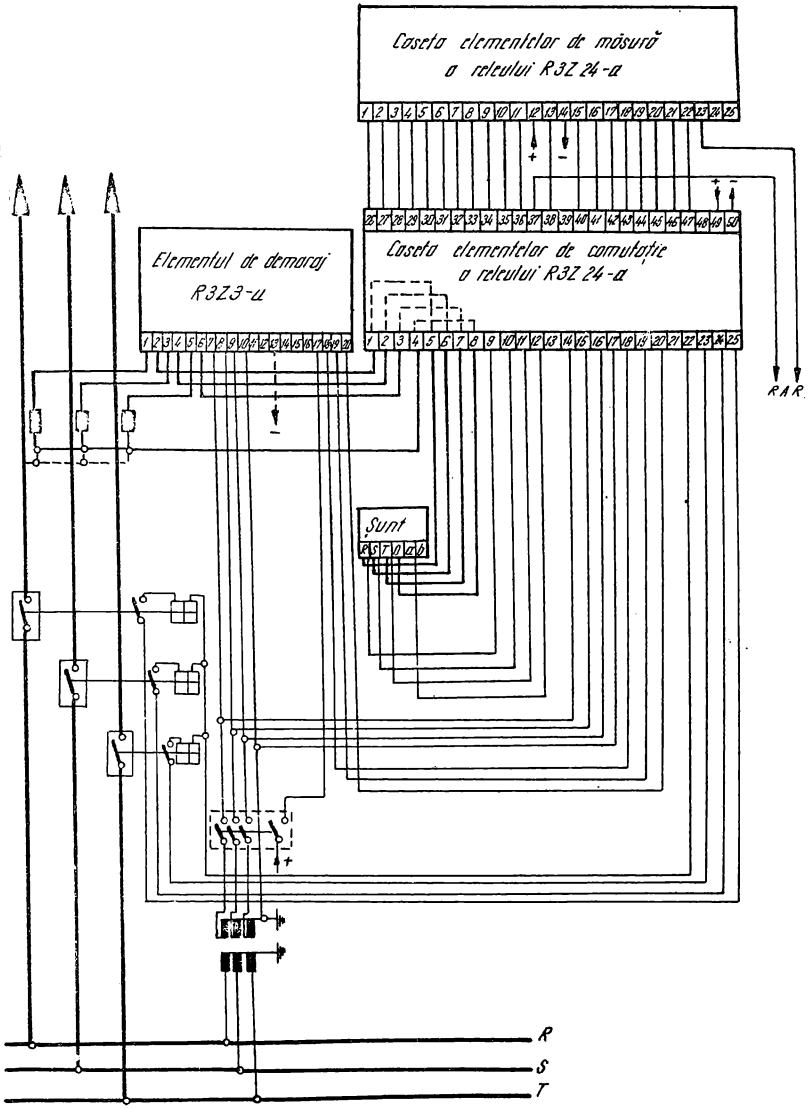


Schema interioară a releului R3Z3 -u



Șunt	Bornele	Valoarea [mΩ]	C_3	Consum [VA] / faza
1 A	1°, S, t,	1050	20	1,05
	1°, S, t,	512	10	0,52
5 A	1°, S, t,	200	4	5,0
	1°, S, t,	100	2	2,5

Cutia cu rezistențe (șunt). Schema de conexiuni și datele caracteristice



Schema de montaj a protecției de distanță
R3Z 24-a

NORME DE TIMP

propuse pentru verificările protecţiei de distanţă R3Z24-a (valori orientative considerînd că lucrează o singură formaţie 1/TA+1/8+1/6)

Nr. crt.	Denumirea operaţiei	Timp de lucru, min.	
		la punere în funcţiune	la verificări periodice
1	2	3	4
1.	Verificarea părţilor mecanice	6o	3o
2.	Verificarea schemelor de conexiuni	18o	-
3.	Măsurarea rezistenţelor de izolaţie	9o	45
4.	Verificarea suntului	4o	3o
5.	Calculul reglajelor şi stabilirea particularităţilor de funcţionare a protecţiei	9o	45
6.	Verificarea elementelor de demaraj la supracurent	12o	3o
7.	Verificarea elementelor de demaraj la minimă impedanţă	24o	6o
8.	Verificarea elementelor direcţionale	24o	45
9.	Verificarea elementului de timp	6o	3o
1o.	Ridicarea caracteristicii în trepte	24o	9o
11.	Verificarea elementelor de impedanţă mixtă	18o	3o
12.	Verificarea de acţionare a elementelor proprii protecţiei	24o	9o
13.	Verificarea blocajului la pendulaţii	1 4o	45
14.	Verificarea tensiunii minime de acţionare	12o	45
15.	Verificarea elementelor anexe (blocaj la întreruperea tensiunii etc.)	6o	3o
16.	Interacţionarea protecţiei cu întrerupătorul liniei şi cu schema RAR	18o	6o
17.	Verificarea închiderii circuitelor secundare de curent	12o	6o
18.	Pregătirea protecţiei pentru funcţionarea în exploatare	6o	45
19.	Ridicarea diagramei wattmetrice	6o	-
2o.	Măsuri organizatorice (admiterea la lucru, predarea locului de muncă etc.).	18o	6o
21.	Neprevăzute	18o	9o
	T o t a l	2 88o	96o

Anexa 9

APARATAJE, SCULE SI MATERIALE

necesare verificărilor protecţiei de distanţă R3Z24-a

Nr. crt	Denumire	Caracteristici tehnice	Cantitate (buc.)
1.	Aparat de măsură universal(AVOMET)	o÷5oo V o÷5A.cl.1	1
2.	Ampermetre	o÷ 2o A cl. 1	3
3.	Wattmetre (trusă wattmetrică)	cl. 1	3(1)
4.	Ohmmetru pentru continuitatea circuitelor		1
5.	Cronometru electric	cl.1	1
6.	Megohmmetru (inductor)	25oo V	1
7.	Megohmmetru (inductor)	1ooo V	1
8.	Indicator de succesiune a fazelor		1
9.	Punte Wheastone		1
1o.	Punte Thomson		1
11.	Trusa V.A.		1
12.	Trusă de curent primar,inclusiv cordoane	12oo/5 A	1
13.	Decalor de unghi		1
14.	Autotransformator reglabil	o÷25o V	1
15.	Rezistenţă reglabilă (curent)	1ooΩ,1o A	1
16.	Rezistenţă reglabilă (tensiune)	1ooo Ω, 2 A	1
17.	Indicator de tensiune (joasă)	5oo V	1
18.	Pilă electrică	1,5 V	2
19.	Cablu flexibil trifilar		1
2o.	Cablu flexibil bifilar		1
21.	Heblu trifazic inclusiv siguranţă de protecţie		1
22.	Heblu bifazic inclusiv siguranţă de protecţie		1
23.	Trusă de scule - electricieni		2
24.	Telefoane portabile		2
25.	Trusă de cordoane inclusiv blocuri de încercare		2
26.	Plombe, cleşte de plombat		
27.	Diverse materiale(perii,bumbac, ulei de os etc)		
28.	Documentaţie tehnică necesară		

Anexa 1o

M.E.E.
I.R.E.....
Secţia ....

BULETIN DE VERIFICARE

Nr..... din.....19..

privind verificarea protecţiei de distanţă R3Z24-a aferentă celulei ..... din staţia.....
efectuată cu ocazia .....
.....

CARACTERISTICI PRINCIPALE ALE RELEELOR

Nr. crt.	Caseta	Tip	Nr. de fabric.	Caracteristici principale					Stare	
				$U_{c.c.}$, V	$U_{c.a.}$, V	I, V	R, mΩ	C_3	Corespunde	Nu corespunde
1	Elementele de măsură						–	–		
2	Elementele de comutare						–	–		
3	Elementele de demaraj						–	–		
4	sunt			–	–					

1. VERIFICAREA PĂRŢILOR MECANICE (A,B)

a. Aspectul exterior al protecţiei corespunde / nu corespunde

b. Casetele releelor sînt etanşe / neetanşe

c. Contactele releelor sînt bune / oxidate şi se fac normal / anormal

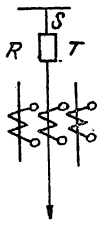
d. Jocul în lagărele releelor este normal / anormal

e. Clapetele semnalizatoare cad / nu cad

2. VERIFICAREA CORECTITUDINII SCHEMEI DE CONEXIUNI (A,C)

a. Au fost verificate conexiunile la casetele protecţiei (fir cu fir) şi corespund / nu corespund schemei desfăşurate a protecţiei şi prospectului fabricii constructoare.

b. Polaritățile circuitelor de curent continuu corespund / nu corespund cu schema de montaj din prospectul fabricii constructoare.



c. A fost verificată conexiunea înfășurărilor secundare ale reductoarelor de curent care alimentează protecția (pînă la blocul de încercare). "Steaua" este realizată spre linie / spre bare.

d. S-au verificat toate legăturile pe borne și în cleme; legăturile sînt strînse bine / insuficient

3. MĂSURAREA REZISTENȚELOR DE IZOLAȚIE (A,B)

a. Circuitele de curent alternativ aferente protecției în ansamblu, inclusiv înfășurărilor reductoarelor de curent ⟶ ⏚ =.....[MΩ].

b. Circuitele de tensiune alternativă aferente protecției în ansamblu ⟶ ⏚ =..... [MΩ].

c. Circuitele de curent continuu aferente protecției în ansamblu

- circuitele de comandă+protecție ±⟶⏚ =.....(MΩ)
- circuitele de semnalizare ± ⟶ ⏚ =.....(MΩ)

Măsurătorile s-au efectuat cu megohmmetrul de 1,000 V.

4. CALCULUL REGLAJELOR PROTECȚIEI (A,B)

a. Treptele primare de impedanță și treptele de timp

X_1= .....[Ω/f] t_1=..... s
$X_{1\ prel.}$=.....[Ω/f] t_2=..... s
X_2= .....[Ω/f] t_3=..... s
X_3= .....[Ω/f] t_4=..... s
t_5=..... s

b. Reactanțele secundare

n_{Ti} = [A/A]
n_{Tu} = [V/V]

$X_{1\ sec} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_1$ = ... [Ω/f]

$X_{2\ sec} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_2$ = ... [Ω/f]

$X_{3\ sec} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_3$ = ... [Ω/f]

$$X_{1\ sec.prel.} = \frac{n_{Ti}}{n_{Tu}} \cdot X_{1\ prim.} \cdots\cdots [\Omega\ /f]$$

c. Relaţia de calcul şi treptele de rezistenţă

C_1= .....
C_3= .....
K = ...

$$r = \frac{2}{C_1 \cdot C_3} \times \ldots\ldots$$

r_1 = ... =... [Ω] $R_1 = r_1 - 1$ = ... [Ω]
r_2 = ... =... [Ω] $R_2 = r_2 - r_1$ =..... [Ω]
r_3 = ... =... [Ω] $R_3 = r_3 - r_2$ = ... [Ω]
$r_{1\ prel}$ =..... =... [Ω] $r_{kt} = r_{1\ pr.} - r_1$ =.... [Ω]

d. Calculul tensiunilor de alimentare

- scurtcircuite bifazate

$U = 2.k\varphi\ I_n \cdot X_{sec.}$

$U_1 = 2.k\varphi\ I_n \cdot X_{1\ sec.}$ = ... = ... [V]
$U_2 = 2.k\varphi\ I_n \cdot X_{2\ sec.}$ = ... = ... [V]
$U_3 = 2.k\varphi\ I_n \cdot X_{3\ sec.}$ = ... = ... [V]

- scurtcircuite monofazate

$U = kq\ \ k\varphi \cdot I_n \cdot X_{sec.}$
$U_{1o} = kq\ \ k\varphi \cdot I_n \cdot X_{1\ sec.}$ = ... = ... [V]
$U_{2o} = kq\ \ k\varphi \cdot I_n \cdot X_{2\ sec}$ = ... = ... [V]
$U_{3o} = kq\ \ k\varphi \cdot I_n \cdot X_{3\ sec.}$ = ... = ... [V]

- Treapta I prelungită

$U_{1prel.} = 2\ k\varphi\ \cdot I_n \cdot X_{1\ sec.prel.}$ =.....=..... [V]
$U_{1o\ prel.} = k\varphi\ \ kq \cdot I_n \cdot X_{1\ sec.prel.}$ =.....=..... [V]

5. VERIFICAREA ELEMENTELOR DE DEMARAJ LA SUPRACURENT (A,B)
- elementul J_R ≻

$I_{scală}$												
$I_{pornire}$												
$I_{revenire}$												
$k_{revenire}$												

- elementul J_S >

$I_{scală}$																			
$I_{pornire}$																			
$I_{revenire}$																			
$K_{revenire}$																			

- elementul J_T >

$I_{scală}$																			
$I_{pornire}$																			
$I_{revenire}$																			
$K_{revenire}$																			

Observaţie. La punerea în funcţiune se verifică întreaga scală a releelor;

La verificările periodice se verifică numai punctele de funcţionare.

- elementul J_M >

$I_{scală}$																			
$I_{pornire}$																			
$I_{revenire}$																			
$K_{revenire}$																			

6. VERIFICAREA ELEMENTULUI DE TIMP (A,B)

$t_{scală}$																			
$t_{măsurat}$																			
$t_{med.}$																			

7. VERIFICAREA ELEMENTELOR DE DEMARAJ LA MINIMA IMPEDANTA (A,B)

a. Valori experimentale.

- elementul Z_R Se aplică I_{Ro} şi U_{Ro}

Plot														
φ o														
U [V]														
I_{porn} [A]														
$I_{rev.}$ [A]														
$K_{rev.}$														

- elementul Z_S Se aplică I_{So} şi U_{So}

Plot																			
φ o																			
U [v]																			
$I_{porn.}$ [A]																			
$I_{rev.}$ [A]																			
$K_{rev.}$																			

- elementul Z_T Se aplică I_{To} şi U_{To}

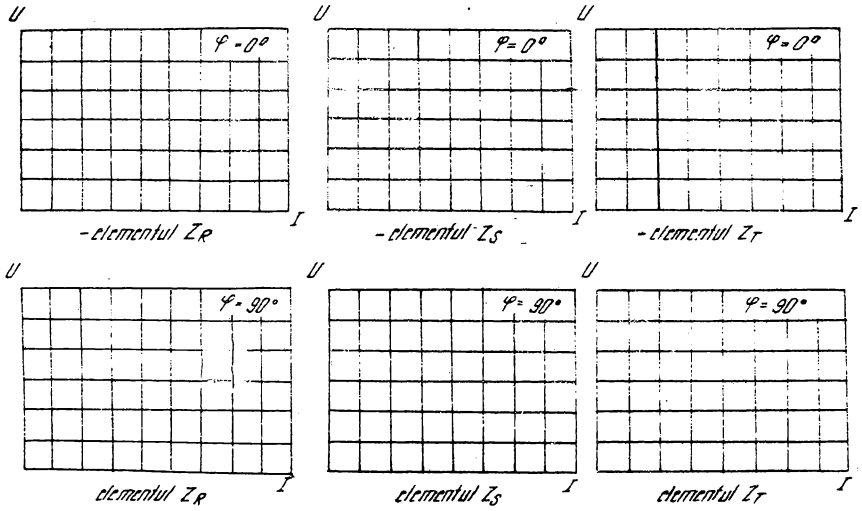
Plot																			
φ o																			
U [v]																			
I_{porn} [A]																			
$I_{rev.}$ [A]																			
$K_{rev.}$																			

Observaţii:

- La punere în funcţiune se ridică caracteristicile de demaraj, pentru toate ploturile şi pentru $\varphi_{sursă} = 0^o$ şi 90^o.

- La verificările periodice se ridică numai caracteristica de demaraj pentru plotul în funcţiune şi $\varphi_{sursă} = 0^o$.

b. Caracteristici de demaraj



6212-69

Fig. 36

8. VERIFICAREA ELEMENTELOR DIRECTIONALE

a. Determinarea zonelor de lucru

- elementul W_R

	U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}
α W			

I_{R_0} = ... [A] U_{ST} = ... [V]

φ	0^0	30^0	60^0	90^0	120^0	150^0	180^0	210^0	240^0	270^0	300^0	330^0	360^0
con-tact													

- elementul W_S

	U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}
α W			

I_{S_0} = ... [A] U_{TR} = ... [V]

φ	0^0	30^0	60^0	90^0	120^0	150^0	180^0	210^0	240^0	270^0	300^0	330^0	360^0
con-tact													

- elementul W_T

	U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}
α W			

I_{T_0} = ... [A] U_{RS} = ... [V]

φ	0^0	30^0	60^0	90^0	120^0	150^0	180^0	210^0	240^0	270^0	300^0	330^0	360^0
con-tact													

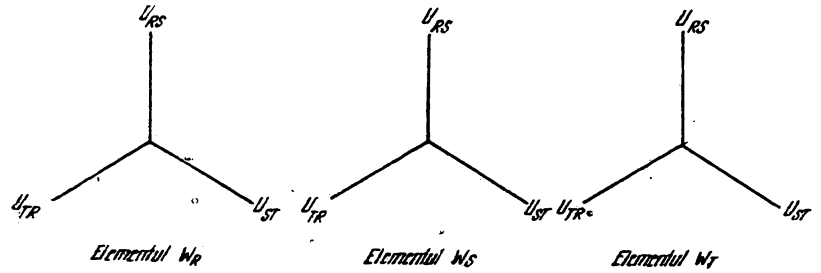


Fig.37

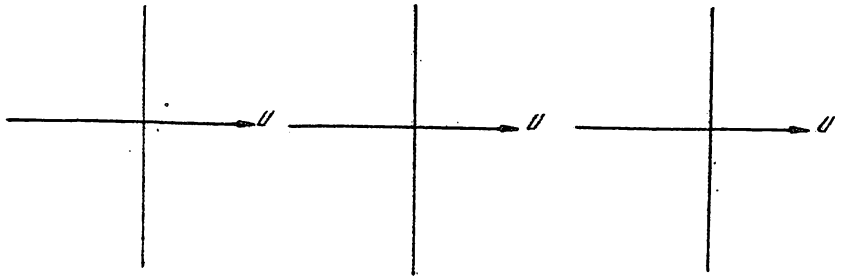


Fig.38

elementul W_R elementul W_S elementul W_T

b. Puterile minime de acţionare($\varphi_{sursă} = 0^o$).(A,B)

- elementul W_R - $P_{min.} = U_{min.} I$ =.....=..... [VA]
- elementul W_S - $P_{min.} = U_{min.} I$ =.....=..... [VA]
- elementul W_T - $P_{min.} = U_{min.} I$ =.....=..... [VA]

9. RIDICAREA CARACTERISTICILOR IN TREPTE (A,B)

a. Scurtcircuite bifazate

- Scc RS $I_{RS}=I_n=I_{scală}$=..... [A] $\varphi_{sursă}=0^o$

U_{RS}				
t				

- Scc ST $I_{ST}=I_n=I_{scală}$=..... [A] $\varphi_{sursă}=0^o$

U_{TR}				
t				

- Scc TR $I_{TR}=I_n=I_{scală}$=..... [A] $\varphi_{sursă}=0^o$

U_{TR}				
t				

b. Scurtcircuite monofazate

- Scc R-0 $I_{R0}=I_n=I_{(R)\ scală}$=..... [A] $\varphi_{sursă}=0^o$

U_{R0}				
t				

- Scc S-O $I_{So}=I_n=I_{(s)}$ scală= .....[A] φ scală= 0^o

U_{So}				
t				

- Scc T-O $I_{To}=I_n=I_{(T)}$ scală= .....[A] φ scală=0^o

U_{To}	
t	

c. Prelungirea treptei I

- Tipul de scurtcircuit ales .....
- $I = I_n = I$ scală = ... φ sursă= 0^o
- dispozitivul RAR în funcţiune(toate condiţiile îndeplinite).

U	
t înainte RAR	
t după RAR	

1o. <u>VERIFICAREA ELEMENTELOR DE IMPEDANTA MIXTA (A,B)</u>

- elementul Z_R - $I_{Ro}=I_n=I_{scală}$= .....[A]

φ	0^o	$8o^o$	$18o^o$	$26o^o$
U_{Ro} (K=1,o5) (K=2,1)				
t				

- elementul Z_S - $I_{So}=I_n=I_{scală}$= .....[A]

φ	0^o	$8o^o$	$18o^o$	$26o^o$
U_{So} (K=1,o5) (K=2,1)				
t				

- elementul Z_T $I_{To}=I_n=I_{scală}$= .....[A]

φ	0^o	$8o^o$	$18o^o$	$26o^o$
U_{To} (K=1,o5) (K=2,1)				
t				

Observaţii :

- La punere în funcţiune se ridică cercurile de impedanţă pentru o treaptă şi pentru ambele poziţii ale eclisei K, prin fixarea a minimum patru puncte;
- La verificări periodice se verifică punctul $\varphi = 18^{0}$ pentru poziţia de funcţionare a eclisei k.

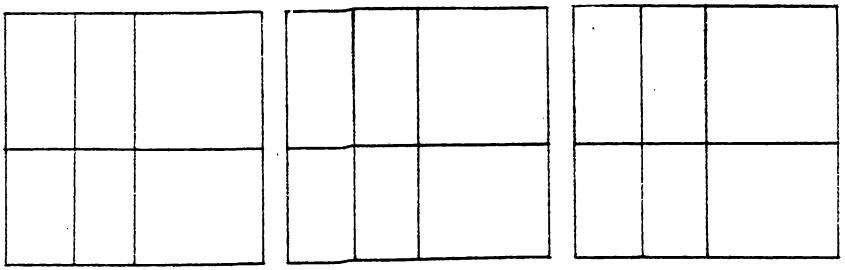


Fig.39

11. Verificările acţionare ale releului

- S-a verificat transmiterea impulsurilor de demaraj; impulsurile se transmit $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$, semnalizările aferente funcţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$.

- S-a verificat transmiterea impulsurilor de declanşare corespunzătoare treptelor protecţiei, în funcţie de poziţia eclisei; impulsurile se transmit $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$, semnalizările aferente funcţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$.

- S-a verificat demarajul protecţiei numai prin curent homopolar, constatîndu-se că funcţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$.

- S-a verificat posibilitatea de acţionare instantanee sau temporizată a treptei I, constatîndu-se că funcţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$.

- S-a verificat posibilitatea de înregistrare de către steguleţul de timp şi a timpului de declanşare propriu întrerupătorului, constatîndu-se că funcţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$.

- S-a verificat tensiunea minimă de acţionare a elementelor de curent continuu ale protecţiei; protecţia funcţionează corect la .....% din U_n adică.....V.

- S-au verificat acţionările releelor T_p şi P aferente blocajului la pendulaţii; s-a verificat acţionarea în ansamblu a blocajului la pendulaţii, constatîndu-se că

funcţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$.

12. Verificarea elementelor anexe protecţiei

Protecţia R3Z24-a are următoarele elemente anexe:

.....
.....
.....

S-au verificat funcţionările elementelor anexe, constatîndu-se următoarele:

.....
.....
.....

13. Interacţionările protecţiei cu întrerupătorul de linie şi cu dispozitivul RAR(A,B)

- S-au executat interacţionări ale protecţiei cu întrerupătorul de linie şi cu dispozitivul RAR. Impulsurile de comandă anclanşare-declanşare se transmit $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$ întrerupătorul acţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$, semnalizările aferente funcţionează $\frac{\text{corect}}{\text{incorect}}$.

- Protecţia lucrează în treapta I prelungită numai dacă scurtcircuitele sînt monofazate = $\frac{\text{da}}{\text{nu}}$.

- Protecţia lucrează în treapta I normală dacă scurtcircuitele sînt polifazate, dacă condiţiile de presiune nu sînt îndeplinite sau dispozitivul RAR este anulat prin cheie după un RAR reuşit etc. = $\frac{\text{da}}{\text{nu}}$

- Cu ocazia interacţionărilor $\frac{\text{s-au constatat}}{\text{nu s-au constatat}}$ refuzuri de acţionare (acţionări greşite) ale întrerupătorului.

- $\frac{\text{S-a executat}}{\text{Nu s-a executat}}$ declanşarea întrerupătorului prin protecţie, folosind trusa de curent primar.

14. Inchiderea circuitelor secundare ale reductoarelor de curent (A,B)

S-a verificat închiderea circuitelor secundare ale reductoarelor de curent, folosind trusa de curent primar.

I_{prim} = ... [A]

I_{sec} = ... [A]

15. Pregătirea protecţiei pentru funcţionare (A,B)

a. Reglaje

Pe baza planului de reglaje, au fost stabilite asupra elementelor protecţiei următoarele reglaje:

- demarajul prin minimă impedanţă(R3Z3-u)

U = 0 I = ...

$U = U_n$ $\varphi = 0^o$ I = ...

$\varphi = 90^o$ I = ...

- demarajul prin supracurent

$I_R = I_S = I_T$ = ...

I_M = ...

- treptele de timp

t_1 = ...

t_2 = ...

t_3 = ...

t_4 = ...

t_5 = ...

- blocajul la pendulaţii

P = ...

- Suntul

$r_R' = r_S = r_T$ = ...

r_M = ...q= .....

b. Poziţiile ecliselor de pe plăcile frontale ale casetei elementelor de măsură R3Z24-a

- eclisa $\frac{\text{cu}}{\text{fără}}$ deplasarea caracteristicii circulare
- eclisa dublă K pe poziţia $\frac{1,05}{2,1}$
- eclisa unghiului de compensare φ_k= .....^{o}
- eclisa C_1 = ...
- eclisa dublă corespunzătoare stelei reductoarelor de curent $\frac{\text{spre bare}}{\text{spre linie}}$
- valorile rezistenţelor treptelor
- Treapta I (r_1); sînt deschise eclisele.....
  ..... sînt închise eclisele .....
- Treapta a II-a (r_2-r_1); sînt deschise eclisele...
  ..... sînt închise eclisele .....
- Treapta a III-a (r_3-r_2) sînt deschise eclisele
  ..... sînt închise eclisele.....
- Prelungirea treptei I (r_{kt}); sînt deschise eclisele .....sînt închise eclisele.....

c. Firul legat la borna 23 (în partea superioară a casetei elementelor de măsură)

- pe poziţia $\frac{\text{cu}}{\text{fără}}$ prelungirea treptei I

d. Poziţiile ecliselor de pe placa frontală a casetei elementelor de comutaţie R3Z24-a

- eclisa $\frac{\text{cu}}{\text{fără}}$ demaraj prin curent homopolar
- eclisa $\frac{\text{cu}}{\text{fără}}$ blocaj la pendulaţii
- eclisa $\frac{\text{cu}}{\text{fără}}$ înregistrarea timpului propriu de deschidere a întrerupătorului
- eclisa $\frac{\text{cu}}{\text{fără}}$ temporizarea treptei I
- eclisa pentru declanşare trifazată pe poziţia....
.....

e. Poziţiile ecliselor de pe placa laterală a casetei elementelor de comutaţie R3Z24-a

- eclisa multiplă pe poziţia $\frac{A}{B}$

f. Poziţiile ecliselor din caseta R3Z3-u

- eclisa dublă pe poziţia corespunzătoare stelei reductoarelor de curent $\frac{\text{spre bare}}{\text{spre linie}}$
- eclisa simplă pe poziţia .....

g. S-au verificat toate legăturile de borne şi în cleme; legăturile sînt bine strînse.

h. Au fost sigilate capacele releelor şi au fost anulate toate semnalizările.

i. S-au controlat siguranţele fuzibile (curent continuu şi curent alternativ); siguranţele sînt bune, calibrate conform planurilor de reglaje şi sînt bine strînse (asigură tensiunile la protecţie).

j. A fost conectat dispozitivul DD pe poziţia "în funcţiune".

16. Diagrama vectorială a curenţilor (în sarcină) (A,C)

	U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}	I
αR				
αS				
αT				

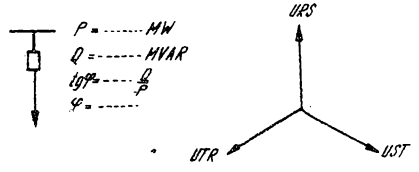


Fig.4o

17. Concluzii

Din verificările efectuate rezultă că protecţia de distanţă R3Z24-a aferentă celulei .....funcţionează

corect / incorect, impulsurile de acţionare se transmit corect / incorect, semnalizările aferente se execută corect / incorect.

Protecţia poate / nu poate fi pusă / repusă în funcţiune.

VERIFICAT, CONTROLAT

B I B L I O G R A F I E

1. Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft.Siemens Vielzweck - Distanzschutz R3Z24-a (prospect).
2. Zimand, R. Instrucţiuni de verificare a protecţiei de distanţă RD7+ (QEVX). Generalizarea Experienţei de Exploatare, I.R.M.E., nr.24, 1964.
3. Badea, I., Brogteanu Gh., Chenzbraun I. şi Columbeanu P. Protecţia şi automatizarea sistemele electrice. Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
4. Călin, S. şi Marcu , S. Protecţia prin relee a sistemelor electrice. Bucureşti, Editura tehnică,1965.
5. Zane, R. şi Chenzbraun, I. Protecţia de distanţă a liniilor electrice. Bucureşti, Editura tehnică, 1968.
6. M.E.E. Regulamentul de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice. Bucureşti,I.S.P.H. 1966.
7. M.E.E. Normativ de încercări şi măsurări la echipamentele şi instalaţiile electrice, la punere în funcţiune şi în exploatare. Bucureşti, O.D.P.T, 1967.
8. M.E.E. Prescripţii pentru amenajarea instalaţiilor de protecţie prin relee şi automatizare (nr. 5-62). I.C.S.E., 1962.
9. M.E.E. Norme de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice. Bucureşti, O.D.P.T., 1968.

C U P R I N S

Pag.

Capitolul 1. DOMENIU DE APLICARE 3

Capitolul 2. GENERALITATI 3

Capitolul 3 DESCRIEREA SI PERFORMANTELE PROTECTIEI DE DISTANTA R3Z24-a 5

3.1. Caseta elementelor de măsură R3Z24-a..... 5
3.2 Caseta elementelor de comutare R3Z24-a... 8
3.3. Releul (caseta) de demaraj la minimă impedanţă R3Z3-u 11
3.4. Caseta cu rezistenţe (şunt)..... 12
3.5. Performanţele releului R3Z24-a (caracteristici tehnice)..... 12

Capitolul 4. PRINCIPII DE FUNCTIONARE ALE ELEMENTELOR DE BAZA ALE PROTECTIEI R3Z24-a 13

4.1. Elementul de demaraj R3Z3-u 13
4.2. Elementul direcţional 15
4.3. Elementul de măsură al impedanţei 18
4.4. Blocajul la pendulaţii 2o
4.5. Coeficientul de corecţie la defecte cu pămîntul 22

Capitolul 5. VERIFICARILE PROTECTIEI R3Z24-a..... 23

5.1. Verificarea părţilor mecanice 24
5.2. Verificarea corectitudinii schemei de conexiuni 27
5.3. Măsurarea rezistenţelor de izolaţie ale circuitelor protecţiei 28
5.4. Verificarea şuntului 28
5.5. Calculul reglajelor protecţiei - stabilirea particularităţilor de funcţionare.... 29
5.5.1. Calculul treptelor de impedanţă şi a rezistenţelor de reglaj 29
5.5.2. Calculul tensiunilor de alimentare 32
5.5.3. Prelungirea treptei I 32
5.5.4. Stabilirea particularităţilor în funcţionarea protecţiei 34
5.6. Verificarea elementelor de demaraj la supracurent 34
5.7. Verificarea elementelor de demaraj la minimă impedanţă (R3Z3-u)..... 35
5.8. Verificarea elementelor direcţionale..... 37
5.8.1. Determinarea zonei de lucru..... 37
5.8.2. Determinarea puterii minime de acţionare. 38
5.9. Verificarea elementului de timp..... 38
5.1o. Ridicarea caracteristicii în trepte..... 39
5.1o.1. Circuite bifazate 4o
5.1o.2. Circuite monofazate 41
5.1o.3. Verificarea treptei I prelungite..... 41

5.11. Verificarea elementelor de impedanţă mixtă 42
5.11.1. La punerea în funcţiune a protecţiei 42
5.11.2. La reviziile periodice..... 42
5.12. Verificările de acţionare ale releului 42
5.12.1. Verificarea transmiterii impulsurilor de demaraj şi de declanşare..... 42
5.12.2. Demarajul protecţiei prin curent homopolar 43
5.12.3. Temporizarea treptei I de impedanţă... 43
5.12.4. Inregistrarea timpului propriu de declanşare a întrerupătorului 43
5.12.5. Tensiunea minimă de acţionare a elementelor intermediare 43
5.12.6. Verificarea blocajului la pendulaţii.. 44
5.12.6.1. Temporizarea la închiderea releului T_p 45
5.12.6.2. Temporizarea la revenirea releului P.. 45
5.13. Verificarea elementelor anexe 45
5.14. Interacţionări ale protecţiei cu întrerupătorul de linie şi cu dispozitivul RAR..... 45
5.15. Verificarea închiderii circuitelor secundare ale reductoarelor de curent... 46
5.16. Pregătirea protecţiei pentru funcţionare. 46
5.17. Ridicarea diagramei vectoriale a curenţilor (wattmetrică) în sarcină... 47
5.18. Intocmirea buletinului de verificare.. 48

Capitolul 6. FORMATIA DE LUCRU SI TIMPII DE EXECUTIE NECESARI VERIFICARILOR..... 48

Capitolul 7. APARATAJE, SCULE SI MATERIALE NECESARE VERIFICARILOR..... 49

Capitolul 8. NORME SPECIFICE DE PROTECTIE A MUNCII. 49

Capitolul 9. ORGANIZAREA LUCRARILOR..... 50

9.1. Pregătirea lucrărilor 50
9.1.1. Cererea de scoatere a celulei de sub tensiune 50
9.1.2. Formarea echipei şi punerea în temă asupra lucrărilor planificate..... 51
9.1.3. Pregătirea aparatajului, a sculelor şi a materialelor necesare verificării... 51
9.2. Executarea verificărilor 51
9.3. Incheierea lucrărilor 51

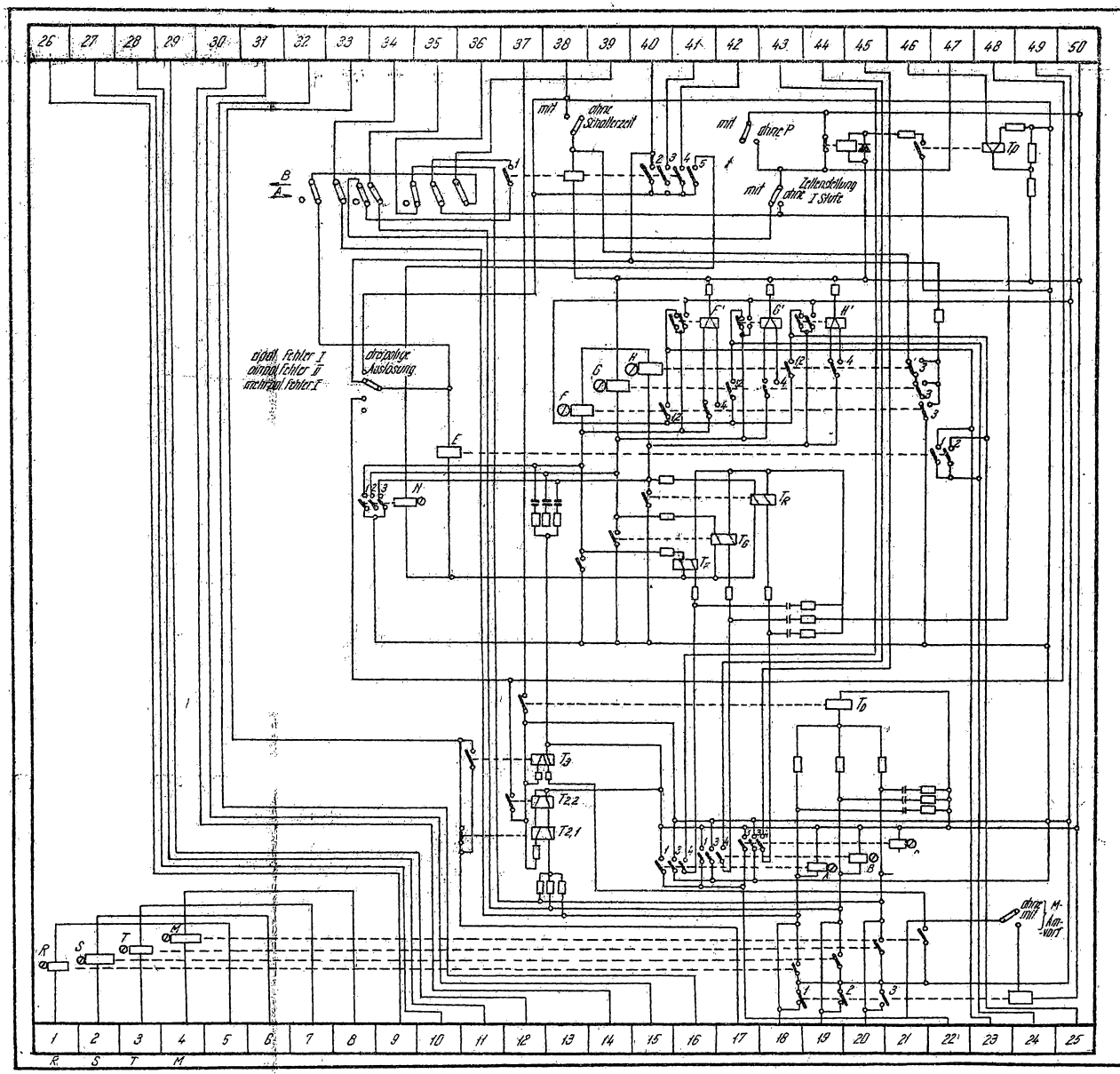
- Anexa 1. Scheme desfăşurată a casetei elementelor de măsură R3Z24-a..... 53

Pag.

- Anexa 2. Schema desfăşurată a casetei elementelor de comutare R3Z24-a.....
- Anexa 3. Schema desfăşurată de curent continuu a releului R3Z24-a.....
- Anexa 4. Schema desfăşurată de curent alternativ a releului R3Z24-a.....
- Anexa 5. Schema interioară a releului R3Z3-u.....
- Anexa 6. Cutia cu rezistenţe (şunt)..... 54
- Anexa 7. Schema de montaj a protecţiei R3Z24-a..... 55
- Anexa 8. Norme de timp 56
- Anexa 9. Aparataje, scule şi materiale necesare verificărilor protecţiei de distanţă R3Z24-a..... 57
- Anexa 10. Buletin de verificare..... 58

- BIBLIOGRAFIE..... 71

Redactor:Emilia Covaci
Tehnoredactor:Marcela Ovidenie
Corector:Magdalena Alexandru


25 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
mit
ohne Schalterzeit
mit
ohne P
mit
Zeitenstellung ohne I. Stufe
einfach Fehler I
zweimal Fehler II
sechspol Fehler F
dreipolige Auslösung
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
R S T M

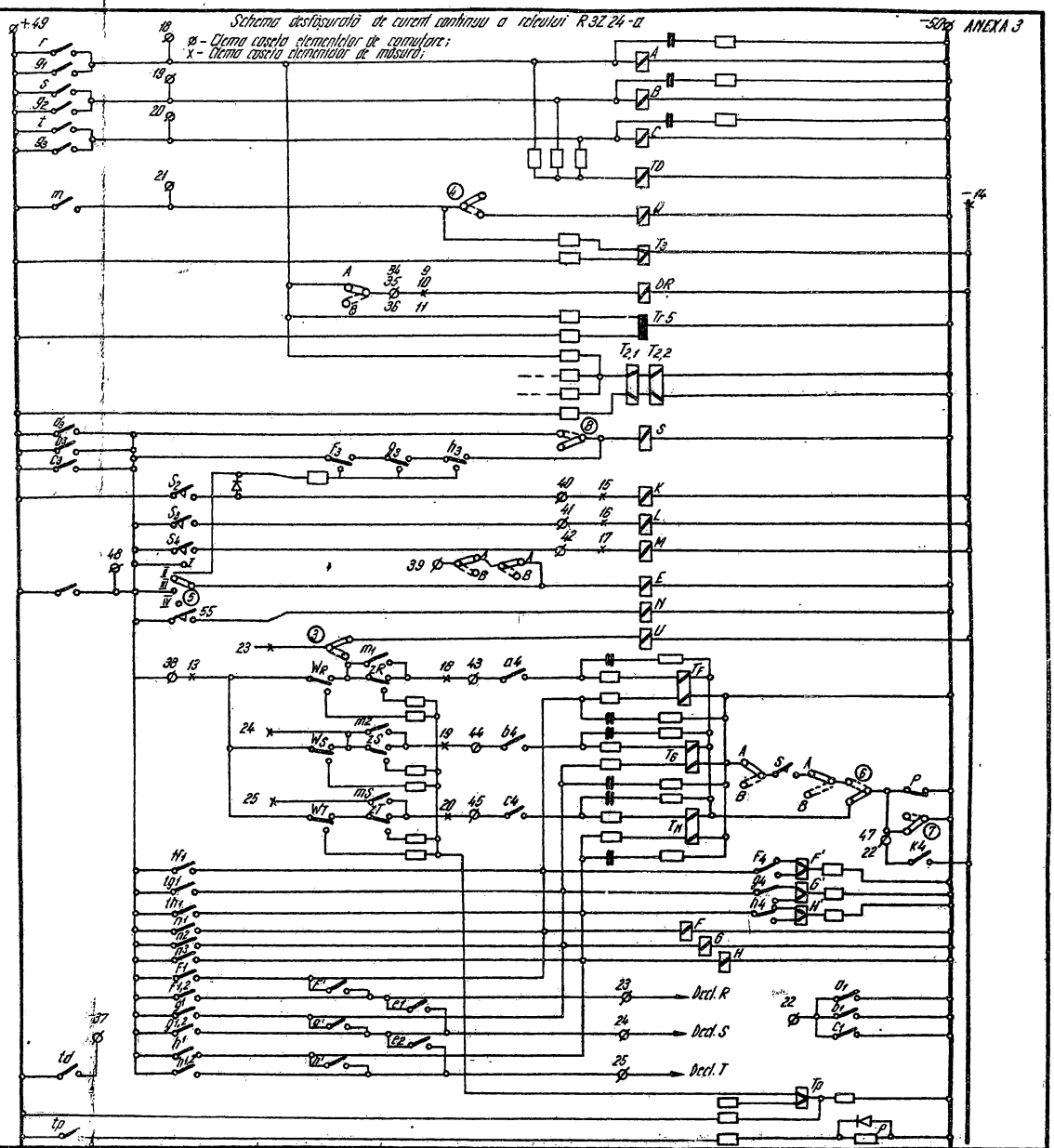
R 3Z 24a IM EG 14
ABFRAGETEIL
2a

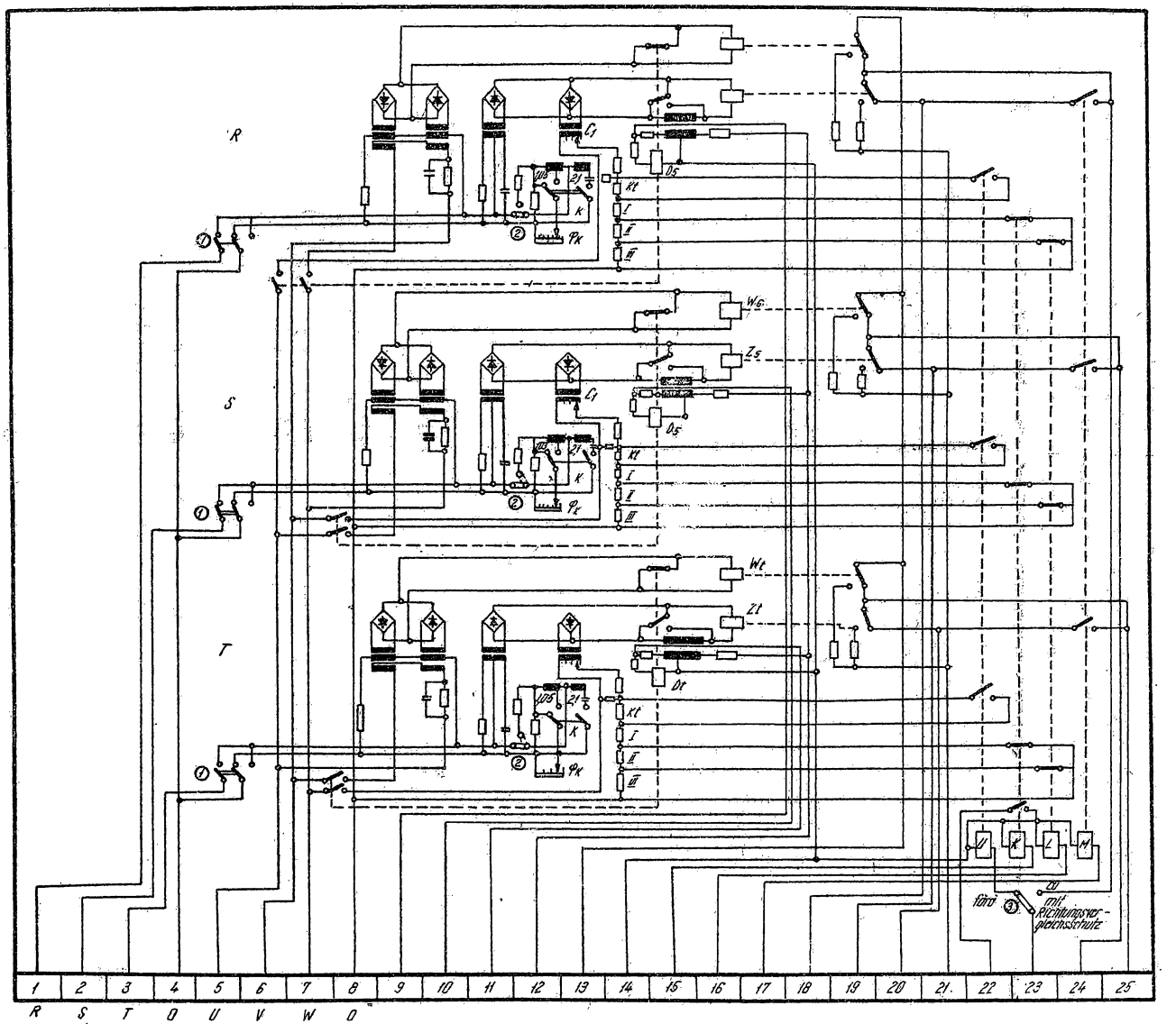
ANEXA 2
Schema desfăşurată
a casetei elementelor de comutare
R 3Z 24-a

ANEXA 3

Schema desfăşurată de curent continuu a releului R3Z24-a

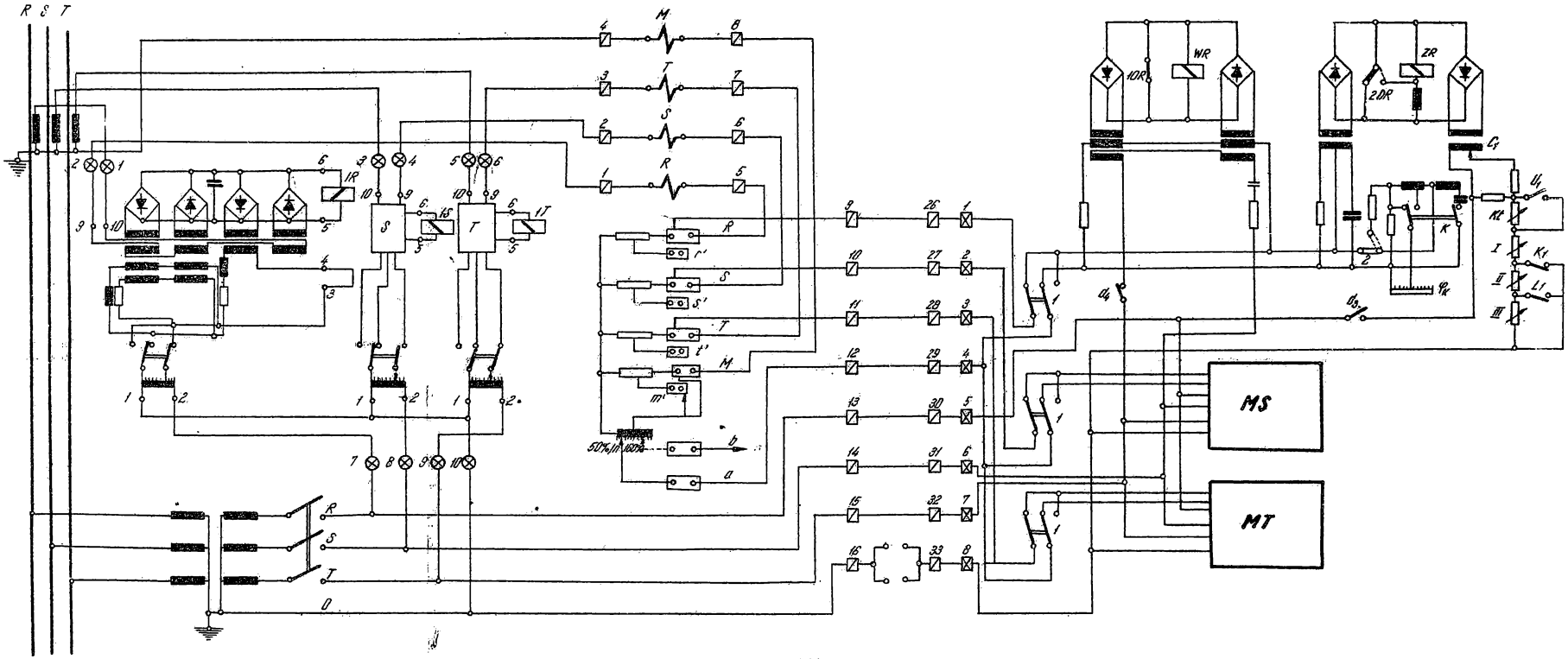
ø - Clema casetei elementelor de comutare;
x - Clema casetei elementelor de măsură;





R3Z 24 a ÎM EG 14
MEBTEIL
1a

ANEXA 1
Schema desfășurată
a casetei elementelor de măsură R 3Z 24 a



ANEXA 4

Schema desfăşurată a circuitelor de curent alternativ a releului R3Z24-a cu element de demaraj R3Z3-u

⊗ Element de pornire R3Z3-u im EG 13;
☐ Poarta de execuţie R3Z24-a im EG 14;
☒ Poarta de măsură R3Z24-a im EG 14;